ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE

EXHIBENS

HENRICI SCHULTZII

LIBRUM DE CYCLOSI PLANTARUM.

VERHANDLUNGEN

DER

KAISERLICHEN LEOPOLDINISCH - CAROLINISCHEN AKADEMIE DER NATURFORSCHER.

DES ACHTZEHNTEN BANDES ZWEITES SUPPLEMENT.

MIT 33 STEINDRUCKTAFELN.

BRESLAU UND BONN 1841.

Für die Akademie in EDUARD WEBER'S Buchhandlung in Bonn.

NOVORUM ACTORUM

ACADEMIAE CAESAREAE LEOPOLDINO-CAROLINAE

NATURAE CURIOSORUM

VOLUMINIS DUODEVICESIMI SUPPLEMENTUM ALTERUM,

EXHIBENS

HENRICI SCHULTZII

LIBRUM DE CYCLOSI PLANTARUM.

CUM TABULIS XXXIII.

VRATISLAVIAE ET BONNAE
MDCCCXLI.

DIE
CYKLOSE DES LEBENSSAFTES
IN DEN PFLANZEN

VON

DR. C. H. SCHULTZ,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT IN BERLIN, MITGLIED DER AKADEMIE DER NATURFORSCHER.

MIT 33 STEINDRUCKTAFELN.

Herausgegeben von der Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen
Akademie der Naturforscher.

BRESLAU UND BONN 1841.

Für die Akademie in EDUARD WEBER'S Buchhandlung in Bonn.

Uebersicht des Inhalts.

Vorwort.

Die Abhandlung unseres Collegen, des Herrn Professors Dr. Schultz, war ursprünglich dazu bestimmt, dem Supplemente des achtzehnten Bandes der Verhandlungen der Akademie einverleibt zu werden, und die dazu gehörenden Steindrucktafeln wurden vorläufig in Arbeit genommen, ehe noch der Herr Verfasser das Manuscript des Textes ganz vollendet hatte.

Während der Bearbeitung seines Textes überzeugte sich der Autor, dass es nöthig sei, die Lehre von der Cyklose, auf ihrem Standpuncte, vollständig und ausführlich zu beleuchten, und seine Abhandlung erhielt dadurch einen Umfang, welcher ihre Aufnahme in den unter der Presse schon weit vorgerückten Band unmöglich machte, indem sie allein die Stärke eines gewöhnlichen Bandes der akademischen Verhandlungen erreichte.

Da aber die Arbeit unseres Collegen durch diese Erweiterung offenbar einen höheren Werth erlangt hatte, indem nun in ihr die Lehre von der Cyklose in den Pflanzen aus dem Gesichtspuncte ihres

Entdeckers auf's vollständigste dargelegt ist, und da ferner die, im Auftrage der Akademie bereits vollendeten lithographischen Tafeln zu dieser Schrift keine anderweitige Verwendung jenes wichtigen und lehrreichen Textes gestatteten, so fand sich die Akademie, im Interesse der Wissenschaft, wie in ihrem eigenen, verpflichtet, das Werk über die Cyklose als einen abgesonderten Band erscheinen zu lassen, welcher zwar unter dem gemeinschaftlichen Titel der Verhandlungen, als zweites Supplement des achtzehnten Bandes, einen integrirenden Theil ihrer Verhandlungen ausmacht, aber auch unter dem besonderen, ihm beigegebenen Titel einzeln in den Buchhandel kommen soll.

Möge diese Maassregel von dem Publicum freundlich aufgenommen werden, und die Akademie dadurch für einen Theil der darauf verwendeten Kosten entschädigt werden!

Breslau, den 3. August 1841.

Die Akademie der Naturforscher.

DIE
CYKLOSE DES LEBENSSAFTES IN DEN PFLANZEN.

VON

Dr. C. H. SCHULTZ.

Der Akademie übersendet den 26. *October* 1840.

Erster Theil.

Verhältnisse im Ganzen.

Erster Abschnitt.

Stellung des Systems der Cyklose unter den übrigen Functionen der Pflanze, und Verhältniss zur Metamorphose.

§ 1.

Die Functionen der Pflanze sind mit den Organen, wodurch sie bewirkt werden, unzertrennlich verbunden, und eine wahre Pflanzenphysiologie ist nur möglich, indem die Functionen auf ihre entsprechenden Organe im natürlichen Zusammenhange bezogen werden. Indem wir also von der Function der Cyklose sprechen, ist die Darstellung ihres entsprechenden Organs unerlässlich, und damit diese Darstellung gegeben werden könne, bedürfen wir einer Kenntniss der wahren Pflanzenorgane überhaupt, um im Zusammenhange mit ihnen das Organ und die Function der Cyklose darstellen zu können.

Es ist das oberste Gesetz der Physiologie der Thiere, so wie auch das der Pflanzen, dass mit den Haupt- oder Grundfunctionen auch zugleich die Hauptorgane richtig unterschieden werden, in welche sich die gesammte Pflanzenorganisation innerlich selbst unterscheidet. Hiermit hängt zusammen, dass dieselbe Function auch nur an ein und dasselbe Organ gebunden sein kann, und dass nicht eine Function

von mehreren Organen verrichtet werden, auch nicht ein Organ mehrere ursprünglich verschiedene Functionen verrichten kann. Die Berücksichtigung dieses nothwendigen Zusammenhanges zwischen Organ und Function ist auf dem jetzigen Standpuncte der Pflanzenphysiologie nicht nur für den Zweck derselben überhaupt, sondern besonders für den Zweck unserer Darstellung der Function der Cyklose um so bedeutsamer, als wir uns an der Schwelle einer Uebergangsperiode befinden, vor welcher man mit der Einsicht dieser Grundverhältnisse so wenig im Reinen war, dass man überall entweder von Functionen der Pflanze gesprochen hat, ohne deren Organe überhaupt zu kennen; oder Organe unterschieden hat, deren Functionen entweder gar nicht gekannt oder hypothetisch dargestellt worden sind; ja, dass man wohl eine Function auf mehrere Organe, oder ein Organ auf mehrere ganz verschiedene Functionen bezogen hat. In dieser Sphäre bewegt sich die Pflanzenphysiologie seit Caesalpin's, Grew's, Malpighi's, Duhamel's und Bonnet's Zeiten. Caesalpin sprach von Ernährung und Säftebewegung in den Pflanzen, wie in den Venen der Thiere, doch ohne ihre Organe anatomisch zu kennen, und ohne die Functionen auf bestimmte Organe zu beziehen. Das Gesammtprincip des Pflanzenlebens sitze im Mark (Cor), woraus alle Venen entspringen müssten *(de plantis libr. XVI. pag. 4. 7)*. Mit Grew und Malpighi begann die anatomische Kenntniss der inneren Pflanzenorgane, und zugleich entstanden die Irrthümer über die Functionen dieser Organe. Die Organe selbst wurden hier noch mehr empirisch beobachtet, als ihrer Entwickelung und natürlichen Verschiedenheit nach im wahren Zusammenhange mit der Gesammtorganisation erkannt. Grew hatte zwar über die Bedeutung der inneren Organe der Pflanzen überhaupt die besseren Ansichten; allein seine physiologischen Theorien entbehren aller anatomischen Begründung, und sind von seiner Kenntniss der Organe sehr unabhängig. Sehr

richtig sagt Grew, die Gefässe seien die Hauptorgane der Pflanze, die wahren Eingeweide, worin die Flüssigkeiten gebildet würden, und wie die Eingeweide der Thiere durch Gefässe conglomerirt seien, so seien die Pflanzengefässe in die Länge gezogene Eingeweide *(The anatomy of plants. London 1682. Book III. Cap. IV. § 2. p. 131).* Sogleich daneben aber sagt Grew wieder, Gefässe und Parenchym seien in allen kleinsten Theilen der Pflanzen gemengt, jeder Theil des Stammes oder seiner Rinde bestehe aus Fibern verschiedener Natur und sei gleichsam halb leinen halb wollen *(linsey woolsey)*, und es gebe keinen Safttheil, der nicht mit anderen Tincturen imprägnirt sei, weil die Säfte beständig aus einer Art von Gefässen wieder in die andere Art übergingen (§ 1.). Diese Ansichten von Organen und ihren Functionen stehen also in dem grössten Widerspruch und niemals würde Grew von den thierischen Organen, mit denen er doch die der Pflanzen vergleicht, behauptet haben, dass ihre Functionen sich so vermengen sollten. Dies brachte der damalige unreife Zustand der Pflanzenanatomie mit sich.

Malpighi ging mit seinen physiologischen Theorieen zwar vorsichtiger zu Werke, brachte es aber auch nicht dahin, die Functionen der Pflanze auf bestimmte Organe zu beziehen. Malpighi unterschied zwar am Pflanzenstamm Rinde, Holz und Mark. Die Rinde besteht nach ihm aus gefässartigen Fibern, das Holz besteht aus Spiralgefässen, und ausserdem finden sich die eigenthümlichen Gefässe *(speciale vas)*, welche Milch oder Harz enthalten. Aber ob die Gefässe des Holzes und der Rinde einerlei Natur haben und zu demselben Zweck gebildet seien, erscheine zweifelhaft, jedoch wahrscheinlich, weil die hart werdenden Rindenfibern in Holz umgeändert würden. Gewiss sei nur, dass beiderlei Gefässe Flüssigkeiten enthalten und ausserdem noch Luft in der Pflanze vorhanden sei (M. Malpighi *Opera omnia. London 1686. Fol. Anatomes plantar. idea. p. 13).* Somit zerfloss

auch bei Malpighi die anatomische Differenz der Organe wieder in dasselbe physiologische Nichts, und die Physiologie blieb auf Vermuthungen beschränkt, wodurch Functionen und Organe nicht in Verbindung kamen. Daher glaubte denn Malpighi, dass durch die Rindengefässe, wie durch das Holz, der Saft gegen die Blätter aufsteige, beide also einerlei Function hätten; dass aber doch den verschiedenen Gefässen wieder nicht das Aufsteigen des Saftes gemeinsam sei (l. c. p. 14). Im Parenchym der Blätter werde der Saft verarbeitet, dann wahrscheinlich, ohne merklichen Ab- und Zufluss in den Milchgefässen stehend, aufbewahrt, um nach Bedürfniss verwendet zu werden. Es fehlte also noch an Beobachtungen über die Function der Organe.

§ 2.

Die ersten Beobachtungen der Art, mit welchen auch die Verbindung einer bestimmten Function mit einem bestimmten Organe beginnt, machte Magnol (*Hist. de l'Acad. des sciences. Paris 1709. p. 109*), und nach ihm Sarrabat oder de la Baisse, über die Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten durch lebendige Pflanzen, nach welchen man nun bestimmt das Holz als das Organ der Einsaugung und des Aufsteigens der Säfte ansah (de la Baisse *Dissert. sur la circulation de la sève dans les plantes qui a remporté le prix au jugement de l'Académie royale des belles lettres sciences et arts. Bordeaux 1733*). Abgesehen von den unvollkommenen und unrichtigen Ideen über eine Circulation, die der Verfasser schon in dem Aufsteigen des Saftes suchte, wurden jedoch hierdurch nicht nur die irrigen Ansichten von Grew und Malpighi, nach denen auch die Gefässe der Rinde zum Aufsteigen des Saftes dienen sollten, berichtigt, indem nunmehr nur das Holz als Organ der Safteinsaugung erkannt wurde; sondern auch das Bedürfniss, die Functionen der Pflanze überhaupt auf bestimmte Organe zu beziehen, lebhaft geweckt und physiologische

Beobachtungen neben den anatomischen in Gang gebracht. Den ersten weiteren Schritt, wodurch nun die Function der Säfteeinsaugung genauer auf einen bestimmten anatomischen Theil des Holzes bezogen wurde, machte Reichel durch die Entdeckung, dass nur die Spiralgefässe des Holzes die gefärbten Flüssigkeiten einsaugen, und die wahren Organe der Säfteeinsaugung und des Säfteaufsteigens überhaupt seien; und man kann sagen, dass Reichel's Arbeit der erste Versuch war, eine Function der Pflanze auf ein bestimmtes anatomisches Organ zu beziehen ***(Diss. de vasis spiralibus praes. C. R. Reichel resp. C. C. Wagner. Lips. 1758. 8.).*** So viel Widersprüche sich auch später über die Function der Spiralgefässe erhoben haben, so ist diese Function bis auf unsere Zeiten dennoch die einzige geblieben, die man mit einiger Sicherheit auf eins der bekannten anatomischen Organe hat beziehen können, während man bei allen übrigen Organen und Functionen noch weit von solcher Erkenntniss entfernt war, und dieses ist es eben, wodurch die Pflanzenphysiologie gegen die thierische so weit zurück geblieben ist, in welcher mit der bestimmteren Beziehung allgemeiner Functionen auf ihre entsprechenden Organe auch eine tiefere Einsicht in den Lebensprozess des Ganzen gegeben wurde. Dass man eine einzige Function der Pflanze hat auf ein bestimmtes Organ beziehen können, hat die Kenntniss der Gesammtorganisation immer noch unmöglich gelassen, weil diese erst mit der Erkenntniss aller Grundfunctionen möglich wird. Die Kenntniss der Spiralgefässfunction ist daher einseitig geblieben, hat in ihrer Absonderung die Kenntniss der übrigen Functionen und deren Beziehung auf ihre Organe verhindert und verdunkelt, weil das Einzelne nur im Zusammenhange des Ganzen begreiflich wird, und dieser Zusammenhang mit den übrigen Organen und Functionen der Pflanzen eben zeither in der Kenntniss der Spiralgefässfunction gemangelt hat.

§ 3.

Eine bessere Kenntniss der in der Vegetation wirksamen Grundfunctionen der Pflanze ist aber nicht allein durch Mangel physiologischer Beobachtungen, sondern zugleich auch durch Vorurtheile über die Bedeutung der verschiedenen durch Metamorphosen sich bildenden äusseren Pflanzenglieder aufgehalten worden, weil man das Wesen des Pflanzenlebens in der Metamorphose äusserer Theile suchte, in denen es nicht enthalten ist. Die Periode der Metamorphosenlehre in der Botanik hat so manche Missverständnisse in die Physiologie der Pflanzen gebracht, über welche man sich erst vereinigen muss, bevor man in der Physiologie fortschreitet. Die Hauptsache liegt hier immer in dem Begriff wahrer Organe und Functionen der Pflanzen. Man ist in neuerer Zeit geneigt gewesen, die wahren Organe der Pflanzen gar nicht mehr in dem inneren Bau derselben, sondern in den morphologischen äusseren Theilen, Wurzel, Stengel und Blatt nach der alten Ansicht von Theophrast ***(Theophrasti Eresii opp. ed. Schneider. Histor. plant. α. I. 9. p. 6)*** zu suchen, wobei die innere Organisation sehr vernachlässigt wird. Decandolle hat sich am bestimmtesten über diese Ansicht der Organe der Pflanzen ausgesprochen ***(Organographie végétale ou description raisonnée des organes des plantes. Paris 1827. T. 1. p. 1 et 141)***. Auch Link stimmt im wesentlichen bei ***(Elem. philos. botan. 1837. I. p. 35. 36)***. Decandolle unterscheidet Elementarorgane ***(organes élémentaires)*** und Grundorgane ***(organes fondamenteaux)***. Die Elementarorgane umfassen das innere Gewebe der Pflanzen (Zellen und Gefässe), die nach Decandolle's und Anderer, besonders älterer, Anatomen Ansicht Theile von sehr homogener Natur, die bei verschiedenen Pflanzen wenig von einander verschieden sind, bilden, so dass sie also hiernach nicht eigentlich Organe mit bestimmten Functionen vorstellen, sondern blosse Elemente sind, aus denen die Organe zusammengesetzt

werden sollen. Decandolle beklagt sich mit Dutrochet (*Mém. du Muséum. T. 7. p. 385*) über die verzweiflungsvolle Ungewissheit in Bezug auf unsere Kenntniss dieser Elementarorgane, über deren Beschaffenheit die entgegengesetzten Ansichten verschiedener Beobachter herrschen; und sucht den Hauptgrund hiervon in der Nothwendigkeit der Mikroskope zur Erforschung des Baues der Pflanzengewebe. Inzwischen scheint weder die eine noch die andere Ansicht dieses berühmten Botanikers richtig, indem es ohne Zweifel viele Hauptsachen in der mikroskopischen Pflanzenanatomie giebt, über welche alle Beobachter, ohngeachtet aller Widersprüche im Einzelnen, völlig einig sind, und ferner die passende Benutzung der Mikroskope eine wahre Beobachtung eben so wenig, als die Benutzung der Brillen und Fernröhren in den Händen der Sachverständigen hindert. Vielmehr ist der Grund der abweichenden Ansichten über die innern Pflanzenorgane allein darin begründet, dass man die einzelnen Organe nicht im Zusammenhange mit den übrigen und in ihrer Gesammtentwickelung im Grossen und Ganzen auffasst, sondern sich in mikrologische Einzelnheiten verliert, die bei den mikroskopischen Beobachtungen nur unter denselben Umständen, wie bei allen übrigen Beobachtungen, die mit blossen Augen angestellt werden, der Wissenschaft eingeimpft werden. Zu den Vorurtheilen, durch welche vorzüglich viele Widersprüche in der Pflanzenanatomie entstanden sind, gehört insbesondere die Idee der Metamorphose aller inneren Organe in einander, ähnlich der Metamorphose der äusseren Pflanzenglieder, durch deren Analogie man sich hat irre leiten lassen, was nicht nur in Kieser's vortrefflicher Arbeit geschehen ist, sondern auch neuerlich bei Meyen der Fall ist, der mit Schwann auf die Metamorphose aller innern Gewebe in einander hinarbeitete. Auf diese Art hat man nur Aehnlichkeiten in der Form verglichen, aber nicht die Unterschiede der physiologischen Function und Entwickelung im Auge behalten, durch

welche allein der wahre Gegensatz innerer Organe gefunden werden kann. Auf diesem Standpunct bleibt natürlich die Pflanzenanatomie ein Chaos, worin das Verschiedene in seiner naturgemässen Bedeutung nicht hervortritt; allein aus diesem Zustande darf man nicht auf die Unmöglichkeit einer besseren Erkenntniss der wahren Natur der inneren Pflanzenorganisation schliessen. Vielmehr zeigt eine von den Vorurtheilen der Metamorphose der inneren Organe in einander befreite, im Grossen und Ganzen sich bewegende Beobachtung der inneren Pflanzenorganisation, dass es dem Ursprung und der Entwickelung nach verschiedene innere Organe von bleibender Verschiedenheit und nimmer in andere Form sich metamorphosirend giebt, die den wahren Quell der vegetativen Functionen in sich enthalten, welche wieder unter sich eben so verschieden sind, als ihre Organe.

§ 4.

Nach Decandolle bildet nun die zweite Art von Organen, welche die sogenannten Grundorgane umfasst, das Prinzip der vegetativen Ernährung und Entwickelung, also des Pflanzenlebens überhaupt. Diess sind nun die Wurzel, der Stamm und die Blätter, die nach Decandolle allen Gefässpflanzen zukommen sollen, und im Pflanzenreich ganz allgemein vorkommend vorausgesetzt werden. Diesen Organen werden nun die Functionen der Pflanze zugeschrieben. Indessen ist diese Ansicht eine durch und durch verfehlte und ihrer Wirkung ist es zuzuschreiben, dass man bisher über die wahren physiologischen Organe nicht hat in's Reine kommen können.

Der Hauptgrund, weshalb Wurzel, Stengel und Blätter durchaus nicht als physiologische Organe der Pflanzen angesehen werden können, liegt in dem Mangel aller Allgemeinheit und bleibenden Verschiedenheit dieser Theile, welche sämmtlich nicht nur ihren Formen, sondern auch ihren Functionen nach sich durch Metamorphose in einander verwandeln, auch in ihren Verrichtungen sehr zusammengesetzt sind

und zu den mannigfaltigsten Zwecken nach Maassgabe der äussern Verhältnisse der Pflanze dienen, während ein wahres Organ auch eine bleibende Allgemeinheit der Function haben muss.

Um nun aber hier über die wahre Natur von Wurzel, Stengel und Blatt an der Pflanze zu richtigen Ansichten, gegenüber den wahren Organen der Pflanze, zu gelangen, kömmt es auf zweierlei Dinge an: Erstens nämlich, die Gründe näher darzustellen, warum diese Theile keine Organe sind; zweitens aber zu sehen, welche bestimmte Bedeutung sie an der Pflanze haben; dann erst, nachdem dieses auf's Reine gebracht ist, werden wir die wahren Organe und deren Functionen in der Gesammtorganisation der Pflanzen unterscheiden, und das System der Cyklose als ein System von inneren Organen und Functionen im Zusammenhange mit dem Ganzen darstellen können.

1. Wurzel, Stengel und Blätter sind keine wesentlichen Organe der Pflanzen.

§ 5.

Am deutlichsten wird dieses, wenn wir diese Theile mit den Eigenthümlichkeiten der unzweifelhaften Organe im Thiere vergleichen. Jedes dieser Organe steht einer bleibenden unveränderlichen Function vor, wie die Nerven der Empfindung, die Gefässe der Circulation, die Drüsen der Absonderung u. s. w. Diese Functionen sind selbstständig, in Bezug auf ihre Energie von einander unabhängig und nur durch einen auf das Ganze gerichteten Zweck unter einander verbunden. Es können daher wohl Gefässe in die Nerven, wie in andere Organe, dringen, um sie zu ernähren; allein dieses begründet nie einen Uebergang der verschiedenen Functionen der Gefässe und Nerven in einander, sondern ist ein blosses Nebeneinander an sich ewig getrennter Functionen. Mit solchen wahren Organen, die zum Zweck des Ganzen bestimmte Functionen verrichten, sind nun Wurzel, Stengel und Blätter an der Pflanze gar nicht zu vergleichen.

Zunächst sind Wurzel, Stengel und Blätter gar keine allgemeinen, allen Pflanzen zukommenden Theile, wie es bei wahren Organen nothwendig wäre, sondern es ist keiner dieser Theile, der nicht, unbeschadet des gesammten Lebensprincips der Pflanzen, fehlen könnte. Wir haben heterorganische Pflanzen ohne wahre Wurzeln (die parasitischen), Pflanzen ohne Stengel, oder mit geschwundenen Stengeln in den verschiedensten Familien (Zwiebelgewächse, Cyklamen, verschiedene *plantae acaules)*, Pflanzen ohne Blätter unter den Euphorbien und Cactus. Wenn man auch sagen könnte, der Stengel sei hier überall der Anlage nach, oder in anderen Metamorphosen vorhanden, so ist es doch einleuchtend, dass seine Function, wenn er überhanpt eine allgemeine Function hätte, mit dem Schwinden seiner selbst auch verschwinden und der Vegetation eine Function fehlen müsste, was wir aber bei den stengellosen Pflanzen nicht sehen. Ein Gleiches ist von den Blättern und Wurzeln zu sagen. Noch auffallender tritt dieses hervor, wenn man die niederen homorganischen Pflanzen, die Algen, Pilze, Flechten betrachtet. Ueberall fehlt hier entweder Stengel oder Wurzel oder Blatt, und doch üben die Pflanzen alle ihre Functionen aus.

Wir sehen ferner, dass bei allen denjenigen Pflanzen, wo Wurzel, Stengel und Blatt in ausgebildeten Formen vorhanden sind, doch keiner dieser Theile wesentlich zum Leben der Pflanze gehört, denn jeder dieser Theile kann von der Pflanze getrennt werden, die Pflanze verliert von selbst in den verschiedenen Lebensaltern und Perioden eines dieser Organe nach dem anderen, ohne dass ein Mangel ihrer Functionen bemerkt würde. Vielmehr ist die von ihren Blättern, oder Wurzeln, oder Stengeln entblösste Pflanze dennoch fähig, alle diese Theile wieder aus sich zu reproduziren, was bei aller scheinbaren äusseren Verstümmelung doch eine innere Integrität des Lebens voraussetzt, die von allen diesen Theilen unabhängig ist. Es kommt hierbei nur

auf die passende Stellung der Aussenverhältnisse an, damit diese Reproduction gelingt; denn die inneren Bedingungen dazu sind in den verstümmeltesten Pflanzen immer noch vorhanden. Alles wäre unmöglich, wenn Wurzel, Stengel und Blätter Organe der Pflanzen im Sinne der thierischen Organe wären, die das Wesen der Organisation bilden.

Betrachten wir näher die Functionen, welche man wohl diesen Organen zugeschrieben hat, so findet sich auch keine einzige von bleibender Allgemeinheit, welche einem dieser Theile ausschliesslich eigen wäre, und hinwiederum findet sich, dass fast alle Functionen der Pflanze vereint in einem und demselben dieser Theile vorkommen können. Diese beiden Verhältnisse sind zuvor in ihren Besonderheiten zu untersuchen.

Zuerst also ist weder der Wurzel, noch dem Stengel, noch dem Blatt eine bestimmte Function ausschliesslich eigen, sondern dieselbe Function eines dieser Organe findet sich in allen übrigen wieder. Der Wurzel hat man vorzüglich die Function der Aufnahme und der Assimilation der Nahrung zugeschrieben. Theophrast *(de.causis plant. L.VI. c.XV.)* vergleicht schon die Wurzel mit dem Magen der Thiere, und sagt, dass sie bestimmt sei, die Nahrung aufzunehmen *(l.c. Hist. plant. I. 2. 6)*. Dieselbe Sache ist von späteren Autoren angenommen, nur anders verstanden worden. Malpighi sieht die Wurzeln als Hände der Pflanzen an, welche sie aus Mangel an Ortsbewegung nah Nahrung ausstrecken (Malpighi *opp. omn. L.B.1687. de radicibus plantar. p.144*). Grew dagegen meint, dass die Wurzelrinde von schwammiger Beschaffenheit und besonders geeignet sei, die wässrigen Nahrungstheile aus dem Boden wie ein Schwamm einzusaugen. Linné ist der Ansicht gefolgt, dass der Wurzel die Function der Einsaugung der Nahrung eigen sei (***Philosophia botanica*** § 80.), und im Wesentlichen stimmen alle neueren Autoren hiermit überein.

Aber man ist nicht aufmerksam darauf geworden, dass die Function der Einsaugung der Nahrung gar nicht allein von der Wurzel ausgeübt wird, und dass fast alle anderen Pflanzentheile: Stengel, Blätter, eben so gut dieselbe Function haben, und ohne Wurzel Nahrung einsaugen können, besonders bei den parasitischen und fleischigen Gewächsen, so wie bei denjenigen, wo die Wurzeln ganz fehlen. Die Wurzel kann also nicht ein für die Function der Nahrungseinsaugung allein bestimmtes Organ sein.

§ 6.

Ganz dasselbe ist von dem Stengel und den Blättern zu sagen. Dem Stengel schreibt man seit Theophrast die Function der Zufuhr der Nahrung zu denjenigen Theilen zu, welche er trägt. Inzwischen können alle Metamorphosen der Stengelformen unmöglich eine solche allgemeine Function haben. Die Ranken, die blattlosen Zweige und die blattlosen Stengel überhaupt können nicht als blos nahrungszuführende Organe angesehen werden, und dessen ungeachtet sind die blattlosen Stengelformen gerade die ausgebildetesten, in denen ihre Function am meisten hervortreten müsste, wenn sie überhaupt nur eine bestimmte Function hätten. Bei den stengellosen Pflanzen endlich und bei denjenigen, wo durch Rhizome die Stengelbildung ersetzt ist, würde mit dem Mangel des Organs auch die Function fehlen müssen, was wir aber keineswegs sehen. Auch findet sich eine im Wesentlichen gleiche innere Organisation des Stengels und der Wurzel, und es ist nicht wohl möglich, dass ähnlich gebaute Organe verschiedene Functionen haben sollten.

Den Blättern hat man bald die Function der Ausdünstung gleich der Haut der Thiere zugeschrieben, wie Malpighi (*l. c. p. 54*), Mariotte (***Essai sur la végétation, p. 98***), Hales (Statik der Gewächse S. 3), Guettard (***Mémoires de l'Académie des sciences de Paris 1748. p. 857***) und Andere; bald hat man mehr auf die Function der

Athmung und der Zubereitung der Säfte gesehen, wie Sennebier (***Physiologie végétale. T. IV. c. VI.***), Saussure (***Recherches chimiques sur la végétation. Genève 1804***), und früher schon Ingenhouss, Scheele und Priestley. Obgleich nun nicht im Geringsten daran zu zweifeln ist, dass Ausdünstung und Athmung, und durch beide eine Zubereitung der Säfte in den Blättern vieler Pflanzen geschehen, so ist es doch nicht minder gewiss, dass bei allen denjenigen Pflanzen, welche keine Blätter haben, diese Functionen in anderen Pflanzentheilen vor sich gehen müssen, und dass mithin die Blätter keine allgemeinen Organe der Ausdünstung, wie die Haut der Thiere, auch keine Organe der Athmung allein, wie die Lungen oder Kiemen der Thiere, sein können. Vielmehr können Athmung und Ausdünstung von anderen Pflanzentheilen nicht minder, als von den Blättern ausgeübt werden und somit lässt sich den Blättern keine bestimmte allgemeine Function gleich den inneren Organen der Thiere zuschreiben.

Auf der anderen Seite sehen wir, dass in jedem der genannten Pflanzentheile, in Wurzel, Stengel und Blatt sehr viele, sogar alle Functionen der ganzen Pflanze vereint sich finden können, daher man auch schon früher mitunter dem einen oder dem anderen dieser Theile mehrere Functionen zugeschrieben hatte. Malpighi sagte schon, die Wurzel habe ausser der Function der Säfteeinsaugung noch die Verrichtung, Nahrung für neue Keime aufzubewahren (***l. c. de radicibus plantar. p. 54***), und Bonnet und Brugmann schrieben derselben auch die Function der Absonderung überflüssiger Säfte zu. Link ist diesen Ansichten gefolgt (Grundlehren der Kräuterkunde. 2. Ausg. I. S. 379). Inzwischen ist es unzweifelhaft, dass ausser den angegebenen noch viele, ja alle andere Functionen der Pflanze in der Wurzel wiederzufinden sind, und somit die Wurzel auch nicht für eine bestimmte Anzahl verschiedener Functionen bestimmt sein kann. Derselbe Fall ist mit dem Stengel und den Blättern. Die Blätter können

athmen, ausdünsten, einsaugen, absondern, Nahrung aufbewahren; sie zeigen im Innern Säftebewegung, und nach Verschiedenheit der äusseren Verhältnisse fehlt in ihnen keine einzige Function der ganzen Pflanze, so wie denn hinwiederum alle diese Functionen ohne Blätter ausgeübt werden können. Solcher Wechsel der Functionen und solche Umänderung aller Verhältnisse der Wurzel, des Stengels und der Blätter sind mit dem Begriff und der Natur wahrer Organe gänzlich unverträglich, und nie wird ein thierisches Organ oder organisches System unter so wandelbaren Erscheinungen auftreten, dass z.B. eine Leber absondern, einsaugen, verdauen könnte, oder das Herz zugleich Organ des Athmens und der Säftebewegung wäre.

Die bisherige Lehre von den äusseren Pflanzentheilen, als Organen der Pflanzen, ist also völlig unhaltbar und auf durchaus irrigen Voraussetzungen gegründet. Diess zeigt sich noch mehr in der Formveränderung oder Metamorphose der äusseren Pflanzentheile. So wichtige Fortschritte die beschreibende Botanik einerseits durch die Bearbeitung der Metamorphosenlehre erhalten hat, so gross sind gleichzeitig die Irrthümer gewesen, welche durch diese Lehre in die Physiologie gekommen sind, und das Verhältniss der Gesammtorganisation der Pflanzen und des Pflanzenreichs ist dadurch sehr behindert worden. Fürs erste ist durch die Metamorphosenlehre klar geworden, dass alle äusseren Pflanzentheile ihre Formen in einander umändern, dass alle Wurzel-, Stengel- und Blattformen gänzlich durch alle Uebergänge und Mittelstufen sich in einander verwandeln können. Daher sehen wir denn an den verschiedenen Gebilden des Pflanzenreichs Mittelbildungen aller Art, die zwischen Wurzeln, Stengeln und Blättern, selbst zwischen Blättern und Wurzeln in der Mitte stehen, wie die Wurzelstöcke, Knollen, Zwiebeln, unterirdische Blätter, Ranken u.s.w., und man ist ausser Stande, diesen Theilen eine bestimmte Function anzuweisen. Denn, wie die Formen, so gehen auch die Functionen

in einander über, was doch mit den Grundfunctionen der Vegetation unmöglich der Fall sein kann. In diesen Metamorphosen sind keine bleibenden Unterschiede zu finden, Organe und Functionen müssten sich proteusartig in einander verwandeln, und kein fester Halt wäre in der Lebensthätigkeit der Pflanzenorganisation zu suchen. Alles, was man also über die Function der Wurzel, des Blattes, sich festzustellen bemüht, verschwindet bei diesen Metamorphosen in Nichts und wir glauben zuerst gezeigt zu haben, dass mit den Formveränderungen auch die Functionen der äusseren Pflanzentheile gänzlich in einander übergehen (Natur der lebendigen Pflanze. I. S. 289). In den Bäumen verrichtet die Wurzel den Stengeldienst, indem sie unmittelbar Blätter, Blumen und Früchte trägt, und bei den Gräsern steigt der Stengel in Wurzelform zur Erde hinab und treibt als unterirdischer Stengel Wurzelfasern, wie am Baum die zur Stengelform metamorphosirte Wurzel Blätter und Blumen trägt. Das Blatt der fleischigen und parasitischen Gewächse verrichtet den Wurzeldienst, indem es Nahrung einsaugt, und die Luftwurzeln werden grün und athmen wie die Blätter. Die Knollen der Kartoffel bilden sich in den Blattachseln, dem Licht ausgesetzt, in Knospen und Blätter um, und alle Functionen folgen dieser Metamorphose. Endlich ist das Vermögen der Keimung und Fortpflanzung aller dieser Pflanzentheile eine gemeinsame Eigenschaft, die ihnen die Bedeutung der Generations-Organe geben müsste, wenn diese Theile überhaupt Organe für gewisse Functionen wären (vgl. Natur d. lebend. Pflanze. I. S. 273).

2. Wahre Bedeutung von Wurzel, Stengel und Blatt an der Pflanze.

§ 7.

Die Fähigkeit aller äusseren Pflanzentheile, zu keimen und die Pflanze fortzupflanzen, enthält den hinreichenden Beweis, dass die Totalität der ganzen inneren Organisation in jedem dieser Theile ver-

borgen sein muss, und dass sie mithin blosse Formveränderungen bei einer allgemeinen Gleichheit ihres inneren Baues und Wesens sind. Es sind nicht wahre Organe, sondern verschiedene äussere Glieder der Pflanze, deren jedes die Totalität der Vegetation in sich enthält, welche sich im Fortgang des Wachsthums ewig in dieser Gliederbildung wiederholt, und in derselben Folge ihres Entstehens wieder abstirbt. Eine ganze Pflanze besteht also aus einer Sammlung an sich gleicher und nur in der Form verschiedener Glieder, die in's Unendliche nach oben und unten übereinander hinauswachsen, von denen aber jedes im Wesentlichen dem Ganzen gleich ist. Diese Pflanzenglieder sind es, welche unter der Form von Wurzeln, Stengeln und Blättern erscheinen, und welche irrigerweise für Organe des Ganzen gehalten worden sind, während jedes Glied selbst ein Ganzes repräsentirt, und alle wesentlichen Organe des Ganzen enthält. Darum die unendliche Zahl von Wurzeln und Stengelzweigen, von Blättern an der Pflanze, während doch nicht Tausend und Millionen von Organen, die den Lungen, oder Mägen, oder Herzen bei den Thieren zu vergleichen wären, in dem einen Organismus der Pflanze sein könnten. Wie an einem Polypenstamm jeder einzelne Polyp ein ganzes Thier für sich ist, und alle Bedingungen der Individualität in sich wiederholt, so ist auch jedes Pflanzenglied, das von dem andern durch einen Knoten getrennt ist, eine ganze Pflanze, und die Metamorphosen, in denen die verschiedenen Glieder erscheinen, sind äusseren Verhältnissen angepasst oder durch die Aussenwelt bedingt, während die innere Organisation im Wesentlichen gleich bleibt. Es beruht hierauf die Möglichkeit der Trennung der Pflanzenzweige und Glieder, unbeschadet der Integrität der ganzen Pflanze, während die getrennten Stücke neue Individuen darstellen. Diess wäre unmöglich, wenn Wurzel, Stengel und Blätter wahre Organe der Pflanze wären, denn

aus einem einzigen getrennten Organ kann sich nie ein ganzer Organismus wieder herstellen.

Es gehört nun zum Charakter der Pflanze, dass diese Gliederbildung vom Keim aus in zwei entgegengesetzte Richtungen fortgeht, von denen die eine sich dem Lichte, die andere der Finsterniss zukehrt. Diese beiden Richtungen der Pflanzengliederung erscheinen nun als Wurzel und Stengel. In den Wurzelgliedern herrscht mit dem Schwinden der Blattbildung die lineare Gliederbildung vor, deren Verzweigungen durch kaum angedeutete Knoten in einander verfliessen, so lange sie dem Licht entzogen bleiben. Sobald aber die Wurzeln dem Licht ausgesetzt werden, entfalten sich auch an ihnen die Knospen- und Blattbildung. Die Stengelglieder treiben im Lichte ursprünglich das Laub als Seitenfortsätze von den Gliederknoten hervor; aber in dem Maasse, als sie dem Lichte entzogen werden, nimmt die Dehnung der Glieder überhand und die Blattbildung verkümmert wurzelähnlich. So entstehen die beiden Hauptmetamorphosen der Pflanzengliederung in Wurzel und Stengel, durch Aussenverhältnisse bedingt, bei gleichbleibender innerer Organisation. Es sind andere Formen bei einer gleichen inneren Beschaffenheit. Darin liegt das Wesen der Metamorphose der Pflanzen, dass die, innerlich gleich gebauten äusseren Glieder, den Aussenverhältnissen entsprechend, so mancherlei Formen annehmen. Es sind besonders das Licht und der Boden, von denen die Pflanze, ihrer unfreien Natur gemäss, absolut abhängig ist, so dass ihre Formen sich, den Verhältnissen beider angemessen, metamorphosiren müssen. Die Pflanze gehört zur Hälfte dem Licht, zur Hälfte dem Boden an, und daher muss sich die eine Hälfte dem Boden, die andere dem Lichte entsprechend umbilden. So entsteht die ursprüngliche Differenz von Wurzel und Stengel, welche aus einer Einheit des Keims hervorgehen und welche beide die Allgemeinheit der gleichen

inneren Organisation behalten, so dass nur die äusseren Formen sich metamorphosiren. Diese metamorphosirten Theile können also nicht Organe des Ganzen sein, sondern sie sind selbst der ganze Organismus, wie jeder seine äussere Form, dem Boden oder dem Licht entsprechend, umgebildet hat, ohne seine innere Organisation deshalb zu verändern. Ein neues Verhältniss tritt dann in der Blumenbildung hinzu, indem die Formen sich hier auf Kosten einer hervortretenden Stoffbildung von Farben, Gerüchen und einer neuen Qualitätenbildung in Wärme, Bewegungen u.s.w. allmälig in die Blüthentheile umbilden (Natur der lebenden Pflanze. II. S. 16. 20). Ueberall aber bleibt auch in den Blüthentheilen dieselbe innere Organisation. Die Metamorphose hat also bei weitem nicht die hohe Bedeutung für das innere Pflanzenleben, welche man bisher wohl vorausgesetzt oder angenommen hatte, indem die inneren Organe sich nicht mit den äusseren Formen verändern, und die Spiralgefässe, die Lebenssaftgefässe, die Zellen im Wesentlichen von gleicher Bildung in den verschiedensten äusseren Pflanzentheilen wiedergefunden werden, während sie ihre eigenen Veränderungen auf ähnliche Weise in allen Organen durchlaufen. Wir müssen also (äussere) Pflanzenglieder und (innere) Pflanzenorgane unterscheiden. Die ersteren bilden sich durch die Metamorphose in Wurzel, Stengel und Blätter um; die anderen behalten ihre ursprünglichen Unterschiede unter allen Verhältnissen bei, und selbst bei geringen Formveränderungen gehen nie ihre Functionen in einander über.

Die Functionen der Pflanzenglieder aber können mit den Metamorphosen einen Uebergang in einander zeigen, weil in allen sämmtliche innere Organe der ganzen Pflanze sich ursprünglich vereint finden, und folglich im Wesentlichen auch dieselben Functionen in allen diesen Theilen schon beisammen sind, nur mit äusserlichen Verschiedenheiten. Diese Verschiedenheiten beruhen darauf, dass in gewissen

Gliedern auch gewisse Functionen gegen die anderen im Uebergewicht hervortreten oder zurücktreten, und nun die hervortretenden Functionen als herrschende sich vorzugsweise bemerkbar machen, die zurücktretenden aber zu fehlen scheinen. Die Wurzel kann Nahrung einsaugen, die Säfte bewegen, Absonderungen bilden, und hat bei den heterorganischen Pflanzen für jede dieser Functionen ihre eigenen Organe. Allein bei den meisten im Boden wurzelnden Pflanzen tritt die Function der Einsaugung über die übrigen so überwiegend hervor, dass die übrigen Functionen übersehen worden sind, und man aus diesem Grunde der Wurzel ausschliesslich die Function der Einsaugung zugeschrieben hat. Aehnlich finden sich in den Blättern Organe der Einsaugung und Absonderung neben denen der Cyklose, und alle üben ihre Functionen aus; allein die Function der lungenähnlich in den Blätterzellen verbreiteten Gefässe tritt hier so überwiegend hervor, dass man die Blätter früher allein als Respirationsorgane ansah. So wie nun aber in den Wurzeln unter den erforderlichen Bedingungen neben der Function der Einsaugung auch die des Bildungsprocesses, der Cyklose und der Respiration hervortreten kann, so kann in den Blättern ähnlich, neben der Respiration, der Einsaugungs- und Assimilationsprocess hervortreten, und alle Functionen könen sich auf diese Art in allen äusseren Gliedern der Pflanze in gleicher Höhe der Entwickelung neben einander stellen. Auf diese Art wird es möglich, dass jeder dieser Theile die ganze Pflanze repräsentirt und alle Functionen derselben in sich vereint. Hierauf einzig und allein beruht der Uebergang der Functionen dieser Theile in einander. Es ist in der That aber nur ein scheinbarer Uebergang, denn es gehen nicht die verschiedenen Functionen der inneren Organe dabei in einander über, sondern nur die gegenseitigen Verhältnisse des Vor- und Zurücktretens der vereinigten Functionen unter einander. Bei'm Uebergange der Wurzelfunction in die Blattfunction, wenn die

Wurzel dem Lichte ausgesetzt wird, geht also nicht die Function der Einsaugung in die Function der Athmung über, sondern neben der bleibenden Function der Einsaugung tritt zugleich der Athmungsprocess hervor. Das Umgekehrte findet bei den unterirdischen Blättern, z. B. der Orobanchen und Lathräen, statt.

Man erkennt hieran leicht, dass die Metamorphose der Pflanzenglieder ihre bestimmten Schranken innerhalb der möglichen Proportionen der verschiedenen Functionen und deren inneren Organen in den verschiedenen Theilen hat. Die Metamorphose kann nicht in's Unendliche fortgehen, sondern sobald alle möglichen gegenseitigen Verhältnisse der Entwickelung der verschiedenen inneren Organe durchlaufen sind, haben auch die äusseren Formübergänge ein Ende. Die Metamorphose selbst ist also durch die innere Organisation der Pflanze regiert und weit entfernt, in sich selbst das allgemeinste Gesetz der vegetativen Entwickelung zu sein. Vielmehr darf man in den Verwandlungen der äusseren Formen der Pflanzen nicht zugleich, wie man bisher geneigt war, auch eine Metamorphose aller inneren Organe derselben suchen, sondern die innere Organisation zeigt sich bei allen äusseren Formveränderungen ewig und unwandelbar, wie die innere Organisation der Thiere, deren Functionen und Organe sich in bleibender Verschiedenheit und immer erneuertem Gegensatz erhalten.

3. Bestimmung der wahren inneren Organe und der Grundfunctionen der Pflanze.

§ 8.

Wie man bisher in der Metamorphosenlehre allgemeine Unterschiede an den ganz analogen äusseren Pflanzengliedern von Wurzel, Stengel und Blatt festgestellt; so hat man im Gegentheil in der Anatomie der wesentlich von einander verschiedenen inneren Organe immer nur Analogieen gesucht, und auf diese Art Metamorphosen von Organen angenommen, die von Natur eine ewige und unwandelbare

Verschiedenheit zeigen. Dies enthält den Grund, weshalb uns die wahre Bedeutung der verschiedenen Gefässe und Zellen und der dadurch gebildeten organischen Systeme in der Pflanze so lange verborgen geblieben ist. Man hat wie die Metamorphosen der äusseren Glieder auf denselben Grundtypus, so auch die inneren Organe auf eine Elementarform zurückführen wollen, indem man die verschiedenen Formen der Gefässe als Metamorphosen desselben Grundorgans betrachtet hat, wobei die bleibenden natürlichen Unterschiede übersehen worden sind. Früher hatte schon Mirbel die Formen der gestreiften und punctirten Spiralgefässe mit Zellenformen von ähnlichem Ansehen verglichen. Kieser hat die Idee der Metamorphose der Gefässe und Zellen dann am meisten durchgeführt, und Turpin hat die verschiedenartigsten Bildungen, als aus Zellen entstanden, angesehen. Bei den Pflanzen hat man indessen hierbei nur die Formen der Spiralgefässe im Auge gehabt, weil das System der Lebenssaftgefässe bisher noch wenig gekannt war, so dass ein wichtiger Theil zur Vergleichung ganz fehlte. Zudem ist man hierbei allein auf dem morphologisch-anatomischen Standpuncte stehen geblieben; die inneren Organe sind nicht im Ganzen ihrer physiologischen Entwickelung und ihrer Functionen aufgefasst worden. Wir haben diesem letzteren Weg zu folgen versucht, indem wir die Grundfunctionen und die Systeme von inneren Organen festzustellen bemüht waren. Wir sind hierbei von der einfachen Anschauung der durch die Natur im Grossen ausgedrückten Scheidung ihrer Organe in abgesonderte Theile, die sich dem blossen Auge darbieten, ausgegangen: von der Scheidung der inneren Pflanzenorgane in Holz und Rinde.

1. Holz und Rinde getrennt.

§ 9.

Diese grossen Unterschiede sind bei den baumartigen Pflanzen seit Theophrast aufgefallen, aber weder in ihrer Allgemeinheit

erkannt, noch in ihrer wahren Bedeutung gewürdigt worden; denn gerade die ersten Pflanzen-Anatomen, wie Malpighi, legten den Grund zu der Vorstellung, dass Rinde sich im Laufe des Wachsthums in Holz umwandele, womit denn jede Möglichkeit der Einsicht des Gegensatzes der Functionen von Holz und Rinde genommen war, so unabweislich sich auch die Erscheinungen dieser Functionen aufdrängten. Auf solche Art konnte man nie dahin gelangen, die physiologischen Lebenserscheinungen mit der Anatomie der Pflanzen in Verbindung zu bringen; der Bau und die Functionen der Pflanze wurden abgesondert und unabhängig von einander betrachtet, so dass schon Malpighi durch seine anatomischen Vorurtheile eine Reihe, von ihm durch stellenweise Entrindung mittelst Kreis- und Spiralschnitten bei vielen Pflanzen angestellter, physiologischer Versuche gänzlich missverstand und die Erfolge in ihrem Zusammenhange aufzufassen verhindert wurde, was später erst Duhamel gelang (Malpighi l. c. *de radicibus plantar. p. 66—69)*. Eine Hauptsache ist hier, wie in der thierischen Physiologie, den anatomischen Bau durch die Physiologie der Entwickelung zu verstehen, und nicht physiologische Thätigkeiten bloss aus dem anatomischen Bau zu erklären. Anatomie und Physiologie der Pflanzen müssen hierbei mehr Hand in Hand gehen, wobei sich dann ergiebt, dass häufig im Aeusseren ähnliche anatomische Formen durch ihre physiologische Entwickelung einen ganz verschiedenen Ursprung und eine verschiedene Natur zeigen, wie z. B. die Zellen der heterorganischen und die Schläuche der homorganischen Pflanzen; welche, ungeachtet aller Aehnlichkeit der Form, ihrer ganzen Natur und Entwickelung nach von einander verschieden sind (Natur d. leb. Pflanze. I. S. 397). Diese physiologische Unterscheidung ist besonders nothwendig bei der Betrachtung des Baues von Holz und Rinde an den Pflanzen, weil man nur auf diese Art dahin gelangen kann, den allgemeinen Unterschied der Organisation von Holz und Rinde einzu-

sehen, wodurch diese beiden Theile als die Grundorgane der Vegetation erscheinen, auf deren bleibendem Gegensatz das ganze Pflanzenleben beruht. Die Einsicht dieser Verhältnisse ist freilich bisher auch dadurch unmöglich geworden, dass man den Gesammtbau der Rinde auch anatomisch nicht kannte und namentlich das Hauptorgan derselben, das System der Lebenssaftgefässe, wegen der Zartheit ihrer Structur, gänzlich übersehen hatte, während man seit Malpighi immer die langen Bastzellen als Gefässe der Rinde unrichtiger Weise angesprochen hat. Da nun ähnliche Zellen auch im Holze sich finden, so hat dieses vorzüglich zu der Meinung von der analogen Structur von Holz und Rinde überhaupt Veranlassung gegeben, und dadurch ist die grosse Verschiedenheit der Function beider Theile immer verdunkelt worden.

Nun aber zeigen sich die Lebenserscheinungen von Holz und Rinde im Grossen und Ganzen so durchaus von einander verschieden, dass nur die im Kleinen und Einzelnen gemachten einseitigen anatomischen Beobachtungen Zweifel über die Anerkennung dieser Verschiedenheit und die unsäglichen Irrungen über den Zusammenhang der verschiedenen Functionen mit dem inneren Bau haben erregen können. Organe, die sich im Grossen und Ganzen ihrer Entwickelung so sehr von einander verschieden zeigen, wie Holz und Rinde, werden bei genauer Beobachtung auch durch das Mikroskop die grossen Verschiedenheiten ihrer inneren Organisation nicht verkennen lassen. Der Bau, die Entwickelung, die Functionen von Holz und Rinde zeigen sich schon vor der mikroskopischen Beobachtung in folgenden Erscheinungen verschieden. Die Schichten von Holz und von Rinde sind unter sich zu einem Ganzen fest verbunden, aber zwischen der ganzen Rinde und dem Holz findet sich immer eine natürliche Trennung, wodurch sich Holz und Rinde von einander lösen, obgleich mehr oder weniger leicht nach den Perioden der Vegetation. Holz-

schichten unter sich, und Rindenschichten unter sich, lassen sich auf solche Art nicht von einander trennen. Die Structur der Rinde bleibt immer mehr weich und zellig, selbst im abgestorbenen Zustande in der Form des Korks, und wo sie verhärtet, verholzt sie nicht wahrhaft, sondern bildet nur incrustirte Stellen im Zellgewebe, während die wahren Gefässe noch weich oder biegsam bleiben. Im Holz aber verhärten die Gefässe selbst, nur hier findet ein wahrer Verholzungsprocess statt, durch den sich Holz von Rinde schon im Aeusseren sehr leicht unterscheidet. In der Entwickelung trennen sich Holz und Rinde polarisch von einander, die Rindenschichten treten peripherisch, centrifugal nach Aussen, die Holzschichten centripetal nach Innen. In dieser Entwickelung spricht sich der Gegensatz beider am entschiedensten aus. Die Rinde wird in ihren innersten Schichten durch das Licht grün, wozu das Uebergewicht des Zellengewebes Veranlassung wird, das Holz bleibt wurzelartig bleich, färbt sich, wenigstens in der Regel, nicht grün, und so giebt, ungeachtet mancher Abweichungen im Einzelnen, doch das Ansehen im Ganzen schon leicht den Unterschied zu erkennen.

§ 10.

Nicht minder entgegengesetzt treten die Functionen im Grossen auseinander. Sie sind zunächst in verschiedenen Perioden thätig. Das Holz füllt sich im Herbst und Winter mit Saft, zur Zeit, wenn die Thätigkeit der Rinde und der Bildungsprocess nachlässt; hingegen tritt die Säftebewegung in der Rinde im Frühling und Sommer hervor, während das Holz sich in verminderter Thätigkeit befindet. Derselbe Gegensatz scheint sich noch in den Perioden von Tag und Nacht im kleinen zu wiederholen, wenigstens erscheint die Cyklose bei kräftiger Wirkung des Lichts in grösserer Lebendigkeit.

Zu diesen Verschiedenheiten kann man noch den Gegensatz der Stoffbildung in Holz und Rinde fügen. Die Säfte des Holzes sind von

mehr oxydirter wässriger Beschaffenheit: Säure und Zucker sind dominirend durch die Eigenthümlichkeit des Holzsaftes; die Säfte der Rinde sind mehr desoxydirt und gekohlt, von concentrirter, bitterer, scharfer Qualität durch das Uebergewicht des Lebenssaftes und der Sekretionen. Nimmt man zu allem diesem noch die genauere mikroskopische Kenntniss des anatomischen Baues, so zeigt sich zunächst in dem Mangel an Spiralgefässen in der Rinde schon die gänzliche Verschiedenheit vom Holze, und endlich lehrt uns die genauere Untersuchung, dass das System der Lebenssaftgefässe ein der Rinde so eigenthümliches Grundorgan ist, wie das System der Spiralgefässe im Holze.

Haben wir nun erst die Verschiedenheiten und den Gegensatz in der Organisation und den Functionen von Holz und Rinde im Allgemeinen aufgefasst, so wird es schon leichter, an die Erkenntniss der bestimmten organischen Functionen im Besonderen zu gehen, und die Grundfunctionen in Beziehung auf die Grund- oder Hauptorgane der Vegetation selbst näher darzustellen. Rinde und Holz sind noch zusammengesetzte Bildungen, in denen die Hauptorgane durch andere Gewebe zu einem Ganzen verbunden sind, so dass die Gesammtbildung ihren eigenthümlichen Charakter durch die Verschiedenheit ihrer Hauptorgane erhält, ohne doch gänzlich aus diesen Hauptorganen zu bestehen. Wir können daher Rinde und Holz im Ganzen wohl als Repräsentanten der in ihnen enthaltenen Hauptorgane ansehen, ohne jedoch zu übersehen, dass diese Organe noch durch eine andere Bildung vereint sind. Die eigenthümlichen Grundorgane im Holz und in der Rinde sind nun die Gefässe (Spiralgefässe im Holz, Lebenssaftgefässe in der Rinde); die vereinigende Bildung von beiden ist das Zellgewebe, durch welches die Spiralgefässe zu einem Holzsystem, die Lebenssaftgefässe zu einem Rindensystem verbunden wer-

den, während das Zellgewebe selbst noch um die Gefässe zu einem besonderen Bildungssystem sich gestaltet. So haben wir nun drei Systeme von inneren Organen in der Pflanze: das System der Spiralgefässe als Grundorgan des Holzes; das System der Lebenssaftgefässe als Grundorgan der Rinde; und endlich das Zellgewebesystem als beide vereinigend, und beide Gefässsysteme in Holz und Rinde durchdringend. Der frühere Unterschied von Mark, den man noch dem Holz und der Rinde gegenüber gestellt hatte, fällt ganz weg, da das Mark ein Zellgewebe ist, welches zum System des Holzes, wie das Rindenzellgewebe zur Rinde, gehört. Es ist nur das Eigenthümliche, dass das Markzellgewebe des Holzes im Centro liegt, während das Rindenzellgewebe, der Natur der Rinde gemäss, peripherisch sich lagert. Dem Mark im Holze hatte man immer eine ganz unrichtige oder unbestimmte Bedeutung zugeschrieben. Es ist für sich kein eigenes Organ.

Fragen wir jetzt nach den diesen Organen entsprechenden Grundfunctionen, so müssen wir diese zuerst nach ihren eigenen Erscheinungen nicht als ursprünglich durch die Organe bedingt, sondern selbst die Organe bildend und mit ihnen sich entwickelnd betrachten. Diese Grundfunctionen umfassen den Kreis von vegetativen Functionen, wie sie sich auch im thierischen Organismus noch wiederfinden, und beruhen im Wesentlichen auf denselben Gegensätzen, wie im thierischen Körper. Wir haben hier drei Systeme von Functionen:

1) Das Assimilationssystem für die Aneignung und Organisirung der Nahrung;

2) das Bildungssystem für den Bildungsprocess aus der assimilirten Substanz;

3) das beide vereinigende Circulationssystem, als Centrum des Ganzen, worin sich die assimilirte Flüssigkeit sammelt, und von wo diese zur Ernährung in alle Theile verbreitet wird.

Diese drei Systeme von Functionen finden sich auch in der Pflanze wieder, und ihnen entsprechend sind drei Systeme von inneren Organen der Pflanze gebildet, welche allein die Totalität der Pflanzenorganisation bilden, unabhängig von der morphologischen Form der äusseren Pflanzenglieder. Diese wesentlichen inneren Organe der Pflanze sind nun 1) das System der Spiralgefässe für die Assimilation (Holzsystem); 2) das System der Lebenssaftgefässe für die Cyklose (Rindensystem); 3) das Zellgewebesystem für den Bildungsprocess, als beide vereinigend. Man könnte dieses das Marksystem nennen, doch in einem ganz anderen Sinne, als dem des Markes im Holze der Bäume, vielmehr in dem Sinne als Zellgewebe überhaupt, welches Rinde und Holz durchdringt. Der Verein dieser drei Systeme von Organen macht die Gesammtheit der Pflanzenorganisation aus, und der vegetative Organismus hat nur diese inneren Organe, als seine wesentlichen Theile, so dass jedes äussere Glied, worin sich der Verein dieser Organe findet, fortleben kann, auch ohne den Zusammenhang mit den übrigen Gliedern, wogegen mit der Trennung dieser Systeme auch die Zerstörung der Totalität des Pflanzenlebens gegeben ist. Ein Pflanzenglied, worin Holz und Rinde im natürlichen Zusammenhange durch Zellgewebe vereint sind, hat alle inneren Bedingungen des ganzen Pflanzenlebens in sich, und kann leben und wachsen und neue Triebe entwickeln. Sobald aber Holz und Rinde getrennt sind, sterben die isolirten Theile nothwendig ab, weil dadurch die Integrität der Organisation gestört ist.

2. Holz und Rinde verbunden.

§ 11.

Holz und Rinde bilden also den Ausdruck der inneren Hauptorgane und Functionen der Pflanze, die sich in abgesonderte Systeme trennen, in sich aber durch das Zellensystem verbunden sind. Bei denjenigen Pflanzen und Pflanzentheilen also, wo sich Holz und Rinde

entwickelt, sind die inneren Organe zugleich äusserlich auseinandergelegt und schon einer einfachen Anschauung verständlich. Wo aber die inneren Organe sich nicht zu Holz und Rindenkörper entwickeln, sondern anstatt nach Aussen hervorzutreten, im Inneren verborgen bleiben, ist die Erkenntniss schwieriger, obgleich die Organe im wesentlichen ganz dieselben bleiben. Es ist diess nicht allein im Stamme aller synorganischen, sondern auch in den blattartigen Theilen dichorganischer Pflanzen der Fall. Bei diesen Pflanzen und Pflanzentheilen nämlich wiederholen sich Holz- und Rindensysteme mit ihren Gefässen in jedem einzelnen Gefässbündel. Bisher hatte man alle Gefässbündel der Pflanzen als blosse vom Zellgewebe umhüllte Bündel von Spiralgefässen angesehen, während das System der Lebenssaftgefässe unbekannt blieb. Nunmehr aber lernen wir jedes Gefässbündel, als aus zwei wesentlichen Bestandtheilen zusammengesetzt, kennen, nämlich aus den rindenartig nach Aussen gelagerten Lebenssaftgefässen, und aus den in der Lage dem Holze entsprechenden Spiralgefässen. In jedem Bündel sind hier zwei organische Systeme (Holz und Rinde) vereint, die Bündel unter sich aber durch das Zellensystem, worin sie gelagert sind, von einander getrennt. Somit wiederholen sich, nur in einer andern Anordnung, alle inneren Organe der Pflanzen hier wie überall, und die drei Systeme finden sich bei allen höheren Pflanzen wieder. Man erkennt hieran die grosse Wichtigkeit der einfachen Unterschiede von Holz und Rinde nicht nur für diejenigen Pflanzen, in welchen sich äusserlich Holz und Rinde trennt, sondern auch für diejenigen, wo sich derselbe Gegensatz nach Innen zurück zieht und in Form zusammengesetzter Gefässbündel erscheint, deren jedes immer wieder Holz und Rindenbildung in sich wiederholt. Der aus Holz und Rinde gebildete Baumstamm ist also das kolossale Vorbild für die Organisation des mikroskopischen Gefässbündels auch im kleinsten Blatt, und jeder Pflanzentheil, sei es ein Blatt, eine Wurzel oder ein

Stengel, worin sich die Wiederholung von Holz und Rindensystem, in welcher Form es auch sein mag, findet, kann keimen und fortwachsen.

Somit wäre uns nun die Stellung des Systems der Cyklose in dem Kreise der vegetativen Functionen deutlich geworden; es ist eine Rindenfunction im weiteren Sinne des Worts.

Es ist nur noch Einiges über die Verbindung der einzelnen Systeme von Organen, wie sie durch die verschiedenen äusseren Theile sich erstreckt, zu sagen. Wie der Pflanze überhaupt alle Centralorgane fehlen (Natur der lebenden Pflanze. I. § 117 f.), so zeigen insbesondere auch die beiden Gefässsysteme (Spiral- und Lebenssaftgefässe) diesen Mangel aller Centralität, und durchaus kein Analogon wirklicher Herz- oder Magenbildung. Die Gefässe verbreiten sich in Netzen, deren Maschen sich überall abschliessen können, während kein centraler Zusammenhang aller Gefässe der Pflanze da ist. Dadurch ist gegeben, dass der Zusammenhang der Gefässe in den verschiedenen äusseren Theilen der Pflanze (in Wurzel, Stengel und Blatt) mehr ein äusseres Aneinanderreihen, als eine innere centrale Verbindung ist. Daher ist denn die Gefässbildung überhaupt in jedem äusseren Pflanzentheil unabhängig und selbstständig, und hierdurch eben die Möglichkeit der Trennung und Selbstständigkeit der verschiedenen Glieder bedingt. Beide Gefässsysteme zeigen sich, ähnlich wie die äusseren Pflanzentheile selbst, gegliedert, nur ist die Gliederung in den verschiedenen Formen und Lebenszuständen nicht gleich ausgebildet, immer aber wiederholt sich die äussere Artikulation auch in den inneren Organen, so dass die in den verschiedenen Gliedern verbreiteten Theile der Gefässsysteme auf dieselbe Weise wie die Wurzel-, Stengel- und Blattglieder von einander trennbar sind.

Zweiter Abschnitt.

Frühere Ansichten über Circulation und Saftbewegung in den Pflanzen.

---

1. Malpighi, Grew, Major, Perrault.

§ 12.

Die Anfänge der Pflanzenanatomie durch Malpighi und Grew geben noch keine so sichere Kenntniss der inneren Organe, dass der Gang der Säftebewegung dadurch hätte erkannt werden können. Malpighi hatte die feinsten Zertheilungen der Gefässbündel in einzelne Gefässe selten verfolgt und bildet in Längsansichten fast überall Bündel, anstatt einzelner Gefässe, ab. Dazu kam die freilich noch bis auf die neueste Zeit fortgepflanzte Verwechselung der langen Bastzellen der Rinde mit Gefässen, so dass Malpighi überall, wo er die netzförmigen Maschen des Bastes abbildet, sogar Bündel von Bastzellen für einzelne Gefässe hielt, und seitliche Verbindungen der Zellen für Anastomosen der Gefässe ausgab *(opp. omn. anat. plant. p. 1—5. tab. 1—5)*. Daher waren denn die Ansichten von Malpighi über Saftebewegung, insofern sie auf solche Betrachtungen sich gründeten, trügerisch und häufig verfehlt, und wo sie, wie fast überall, über die anatomischen Beobachtungen überhaupt hinausgingen, rein hypothetisch. Malpighi gibt kein zusammenhängendes Bild seiner Ansichten von der Säftebewegung in den Pflanzen, er flicht nur Einzelnes an verschiedenen Stellen ein, und gibt seine Betrachtungen selbst mit Zweifel und nur als Hypothesen. Was über die Säftebewegung gewiss ist, sagt Malpighi, ist dieses, dass die Bewegung sich umkehren könne *(alimenti via invertitur)*. Man könne dies daraus schliessen, dass in die Erde gesteckte Schösslinge von Feigen, Pflaumen, Wurzeln absteigend treiben, in denen die Bewegung nicht, wie in der

Wurzel alter Pflanzen, aufsteigend, sondern absteigend sein müsse, ähnlich wie auch in den Luftwurzeln, die von den Zweigen zur Erde hinabsteigen ***(Ant. pl. idea. p. 13)***. Die Möglichkeit dieser Umkehrung erklärt Malpighi dadurch, dass die Gefässe keine Klappen hätten, welche dem Saft eine bestimmte Richtung vorschrieben ***(l. c. de radicibus plantar. p. 69)***. Kieser ***(Mém. sur l'organisation des plantes. Haarlem 1812. 4. p. 178)*** hat diese Aeusserung Malpighi's gänzlich missverstanden, indem er sagt, es sei Malpighi's Ansicht, dass der Saft im Holze aufsteige, in der Rinde hingegen wieder absteige. Malpighi behauptet vielmehr gerade das Gegentheil, indem er überall sagt, dass der Saft sowohl in der Rinde aufsteige, als im Holz, und von beiden aus in die Blätter übergehe ***(l. c. p. 14)***. Dagegen spricht Malpighi häufig von einer Seitenbewegung des Saftes, welche theils durch die Anastomosen der Gefässe bedingt sein soll ***(p. 13)***, theils aber durch die Markstrahlen des Holzes bewirkt wird ***(l. c. de radicibus plant. p. 68)***. Dass aber der Saft in der Rinde absteige, sagt Malpighi nirgends, und seine Ansicht ist nur, dass der Saft in denselben Gefässen des Holzes sowohl als der Rinde, in welchen er aufgestiegen ist, wieder rückwärts gehen könne. Welchen Weg der Saft von den Blättern aus nehme, lässt Malpighi durchaus unbestimmt. Es sei wahrscheinlich, dass er wieder zurückfliesse, denn die Saamenblätter der keimenden Bohne, nachdem sie durch die Wurzel Saft angezogen, schickten ihn wieder zur Ernährung in den jungen Stamm zurück, der bald eintrockne, wenn er dieser Blätter beraubt werde. Es sei daher wahrscheinlich, dass, weil doch die unteren Theile nicht minder wie die oberen der Nahrung bedürften, die assimilirten Nahrungssäfte in die Zellen des Markes und der Markstrahlen abgelagert würden und hier ohne Bewegung so lange ruhten, bis sie nach Bedürfniss in die nahe gelegenen Theile wieder abflössen ***(l. c. p. 14)***. An einer anderen Stelle macht Malpighi einen

bestimmten Vergleich der Säftebewegung in den Pflanzen mit der Circulation in den Thieren *(de partibus caulem vel caudicem componentibus p. 14)*. Er sagt hier: wie bei den vollkommneren Thieren neue Nahrung in Form des Cyklus in die Venen tritt und dem Blute zugemischt, in beständigem Kreislauf herum bewegt wird *(perenni circulationis motu rotatus)*, um allen Theilen des Körpers zugeführt, und unter Zumischung von Fermenten und Abscheidung excrementitieller Theile zur Ernährung verwendet zu werden; so wird auch bei den Pflanzen der rohe Nahrungsstoff des Holzes dem in den Zellen enthaltenen älteren zugemischt, um durch längeres Verweilen hier die Natur des Ferments anzunehmen, wie das Blut bei seiner Circulation durch die Eingeweide der Thiere. So wird dann der Saft in den Markstrahlen und im Mark aufbewahrt, um zu künftigen Bildungen verwendet zu werden. Wir halten die ausführliche Darstellung dieser Ansichten für sehr wichtig, theils, weil sie bisher nur obenhin und in unrichtigen Traditionen gegeben waren, theils aber, weil alle späteren Ansichten sich hieraus entwickelt haben. Man erkennt hieraus leicht, wie weit Malpighi entfernt war, die Circulation der Pflanzen als eine Function eines bestimmten organischen Systems zu betrachten. Vielmehr sind alle Organe nach Malpighi bei dieser Circulation thätig, die Gefässe des Holzes, der Rinde und des Zellgewebes. Anstatt also den verschiedenen Organen verschiedene Functionen anzuweisen, lässt sie Malpighi sämmtlich bei einer Function thätig sein. Hieran knüpft sich dann der grosse Mangel nicht nur dieser, sondern auch aller späteren Ansichten über die Circulation der Pflanzen, dass die verschiedenen Arten von Säften in den verschiedenen Organen nach ihrer Eigenthümlichkeit noch gar nicht unterschieden werden, so dass die Sekretionen (wie die Harze, ätherischen Oele u. s. w.) einige Formen des Lebenssaftes, und endlich der Holzsaft im Wesentlichen als identische in denselben Organen circulirende Flüssigkeiten angesehen wer-

den. Diese Vorstellungen sind dem Laufe des Pflanzenlebens nicht minder widersprechend, als wenn man in den Gefässen der Thiere Blut mit Galle, Schleim, Urin, Speichel, vermengt circuliren lassen, und alle diese Flüssigkeiten für einen identischen thierischen Saft halten wollte.

§ 13.

Wir gehen nun zu Grew über. Es finden sich bei ihm im Allgemeinen ähnliche Ideen über die Säftebewegung der Pflanzen, wie bei Malpighi, welche auch noch die Bewegung im Holz und in der Rinde als zusammengehörig ansehen.

Nach Grew steigt der Nahrungssaft aus der Erde sowohl durch das Holz, wie durch die Rinde auf, aber in beiden zu verschiedenen Perioden. Im Holze steigt der Saft nur im Frühlinge in den Monaten März und April auf, auch nur in einigen Pflanzen, welche thränen, wie der Wein; nicht in den übrigen. Der Saft steige hier aber wirklich im Holze auf, nicht, nach der gewöhnlichen Meinung, zwischen Rinde und Holz. Sobald die Saftbewegung im Holze aufhört, fängt der Saft an, in der Rinde aufzusteigen. In der Rinde sind es aber nur die Saftgefässe, im Holze die Spiralgefässe, in welchen der Saft aufsteigt. Bei'm Aufsteigen im Holz, wie in der Rinde, wird der Saft durch zugemischte Tincturen höher präparirt, und zwar ist der in der Rinde präparirte Saft dem Blute der Thiere, der im Holze präparirte aber dem Nervengeist zu vergleichen. Dieser, zur höchsten Stufe verarbeitet, wird zu Cambium, von dem der edelste Theil sogleich dem Holzkörper assimilirt, der andere aber dem Rindensaft zugemischt wird (Grew *the anatomy of plants. London 1682. p. 15).* Grew nimmt ebenfalls eine Art von Circulation zwischen Mark und Rinde durch die Markstrahlen an, indem der Saft in den Wurzelspitzen von der Rinde durch die Markstrahlen in's Mark dringe, hier durch Fermente höher verarbeitet werde und weiter aufsteige, dann wieder durch

*

die oberen Markstrahlen in die Rinde entladen werde, nachdem auf diesem Wege das Holz ernährt worden sei. Obgleich nun Grew eine Verschiedenheit der Gefässe und der Säfte in Holz und Rinde anerkennt *(on the motion and course of the sap. l. c. p. 125)*, so wird doch die Bewegung in beiden ganz, wie bei Malpighi, als ein zusammengehöriges Ganze betrachtet, und es ist bei ihm weder von einer Unterscheidung der inneren Organe, noch der Functionen die Rede, ungeachtet Grew sonst die Gefässe der Pflanzen den inneren Organen der Thiere im Allgemeinen vergleicht.

§ 14.

Joh. Dan. Major, Arzt in Hamburg, bildete sich schon im Jahre 1665 die Idee einer Circulation in den Pflanzen bei Betrachtung der Monstrosität eines ***Chrysanthemum*** mit bandartig verwachsenen Blüthenstielen (J. D. Majoris ***dissertatio botanica de planta monstruosa Gottorpiensi mensis Iunii anni 1665, ubi quaedam de coalescentia stirpium et circulatione succi nutritii per easdem proferuntur. Schleswigae 1665. 4.)***. Er sagt: wenn bloss eine einfache aufsteigende Saftbewegung in den Pflanzen vorhanden wäre, so würden die Pflanzen mit verwachsenen Stengeln nicht leicht ernährt werden und wachsen können, weil nach dem Ort der Verwachsung mehr Saft zufliesse, als die Theile verbrauchen könnten, so dass sie am Ende überladen werden würden, wenn das Ueberflüssige nicht wieder zurückfliessen könnte. Er sucht diese Ansicht durch die Lehre des Willissius von der Fermentation zu bestärken, nach welcher zur Reifung organischer Bildungen eine Circulation nöthig sei, damit die durch die Fermentation digerirten und assimilirten Nahrungssäfte nach dem Absatz der nährenden Theile das Ueberflüssige wieder zurückschicken könnten. Man sehe auch an den indischen Feigenbäumen mit Luftwurzeln die Nothwendigkeit einer Circulation, denn das Wachsthum der Zweige in die Höhe setze eine aufsteigende Bewegung voraus, die

Senkung der Wurzeln nach der Erde aber mache eine absteigende Bewegung nothwendig. Höchst merkwürdig aber sind die Aeusserungen von Major über die Erscheinungen an milchenden Pflanzen, welche er zum Beweise der Circulation anführt. Ich führe diese Aeusserungen um so lieber an, als auch bei späteren Beobachtern, namentlich van Marum, Carradori, Moldenhauer, die Betrachtung der milchenden Pflanzen mehrmals wieder die Idee einer Circulation geweckt hatte, und wie Morren uns aufmerksam macht, bereits von A. Spigel in der im Jahre 1607 erschienenen ***Isagoge in rem herbariam*** solche Beobachtungen für die Bewegung der Säfte angeführt worden sind. Dieselben Betrachtungen waren es auch, welche uns selbst im Jahre 1824 veranlassten, die milchenden Pflanzentheile am Schöllkraut der directen mikroskopischen Beobachtung zu unterwerfen, wodurch wir auf die Entdeckung der Cyklose geführt wurden. Major sagt nämlich: wenn man milchende Pflanzen, wie ***Esula, Tithymalum, Chelidonium maius,*** oder andere, an irgend einer Stelle verletzt, sei es nun oben oder unten, oder seitlich, so fliesst überall der Saft aus, woraus man nothwendig schliessen kann, dass er nach allen Seiten hin bewegt wird. Wir haben zwar im ersten Bande der Natur der lebendigen Pflanze nach Sprengel, das Werk von Major schon citirt, ohne es aber selbst und diese bestimmte Aeusserung zu kennen, so dass wir jetzt mit um so grösserem Vergnügen die übereinstimmenden Ansichten eines so ehrenwerthen Vorgängers entdekken, als er gewiss der erste ist, von dem eine von sicheren Beobachtungen unterstützte Forderung der Circulation gemacht wurde, nachdem Spigel zwar aus ähnlichen Erscheinungen auf eine Saftbewegung überhaupt, aber nicht auf die bestimmte Form einer Circulation geschlossen hatte. Dergleichen Schlüsse aber mussten ohne unmittelbare Beobachtung der Vorgänge im Inneren der Pflanze selbst immer hypothetisch bleiben und wurden, so oft sie auch wiederholt sind, immer

wieder vernachlässigt, bis nunmehr die directe Beobachtung alle Zweifel löst.

§ 15.

Ausführlich verbreitet sich Perrault über die Circulation des Saftes in den Pflanzen (*Oeuvres de physique et de mechanique de Mrs. C. et P. Perrault. Amsterdam 1727. 4. p. 71*). Perrault ging, wie bereits Malpighi und Grew, von der Nothwendigkeit der Circulation aus, die in den Pflanzen eben so gross sei, als in den Thieren, da in Beiden eine ähnliche Weise der Ernährung und Reproduction stattfinde, wodurch immer neue Nahrungstheile zugeführt werden müssten.

Nach Perrault besteht die Cirkulation der Pflanzen darin, dass der eingesaugte Saft zu den Zweigen und Blättern aufsteigt und sich überall ausbreitet, um die Pflanze zu ernähren. Dieser Saft besteht aus zwei Theilen, den wässrigen und den öligen. Die Letzteren werden zur Ernährung verwendet, die wässrigen rohen Theile aber fliessen wieder zur Wurzel zurück. Ueber die Organe, in denen der Saft auf- und absteigt, bleibt Perrault ganz im Ungewissen. Er hat noch nicht die Idee vom Aufsteigen im Holz und vom Absteigen in der Rinde. Im Gegentheil finden sich nach ihm in der Rinde der Eiche zweierlei Fasern, gröbere und feinere; die ersteren dienen zum Aufsteigen, die letzteren zum Absteigen des Saftes (*p. 101*). Bei abgeschnittenen Feigenbäumen und bei'm Sumach sehe man, dass von der Wurzel ein mehr milchiger Saft aufsteige, ein mehr wässriger in anderen Gefässen absteige. Der erstere bewege sich aufwärts und abwärts zugleich. Bei'm Thränen des Weins und der Birke sehe man, dass die abgeschnittenen Wurzeln aus dem Stammende den Saft nach unten ergiessen. Man könne hieraus folgern, dass dies nicht der von der Wurzel aufsteigende, sondern der rohe zur Wurzel absteigende Saft sei (*p. 95*). Perrault nimmt also mehr eine absteigende Bewe-

gung im Holze an, obgleich er nicht im Reinen darüber zu sein scheint, dass der bei'm Thränen aus den Reben fliessende Saft aus dem Holze komme.

2. De la Baisse, Parent, Mariotte.

§ 16.

Diejenige Ansicht der Pflanzen-Circulation, nach welcher der Saft in dem Holze aufsteigen und in der Rinde wieder absteigen soll, ist zuerst von de la Baisse gegeben worden (de la Baisse ***dissertation sur la circulation de la sève des plantes, qui a remporté le prix au jugement de l'Académie à Bordeaux 1733. 8.)***. Bekanntlich stellte de la Baisse, nach Magnol, die ersten ausführlichen Versuche über die Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten an und entdeckte, dass sie nur im Holze aufsteigen. De la Baisse blieb aber nicht, wie Magnol, dabei stehen, dass die Flüssigkeiten bis zur Spitze der Blumen und Früchte aufsteigen, sondern er beobachtete weiter, dass das Aufsteigen nicht in der Rinde und nicht im Mark, sondern allein im Holz stattfinde, dass bei den milchenden Euphorbien der durch Tinctur der Phytolacca gefärbte Saft durch die Blattrippen in das Parenchym durchgedrungen war, und die Milchsäfte dieser Pflanzen violett gefärbt hatte. Diese Färbung fand de la Baisse zuerst an den oberen Theilen, später auf die unteren Theile der Pflanze durch die Rinde sich ausbreitend, und hieraus folgerte er, dass der Saft in der Rinde wieder absteige, nachdem er im Holze aufgestiegen sei. Vor de la Baisse hatte niemand eine solche Circulation behauptet. Es giebt nach de la Baisse einen aufsteigenden Saft, der nur in dem Holze, und einen absteigenden Saft, der nur in der Rinde befindlich ist. Das Mark wird, wie die Wurzeln, vom absteigenden Safte ernährt. Den ganzen Verlauf der Einsaugung und Verarbeitung des Saftes stellt jedoch de la Baisse als einen sehr zusammengesetzten Process dar, der in allen Stücken Analogie mit der thierischen Assimi-

lation und Circulation haben sollte. Seine Darstellung der Sache ist folgende: Der Saft aus der Erde dringt durch Poren in die Rinde der Wurzelspitzen ein und erhält hier eine erste Digestion, ähnlich wie die thierische Nahrung durch das Kauen. Von hier aus geht er in die Fasern des Holzes über und wird von diesen, welche dem Oesophagus der Thiere vergleichbar sind, in den Magen der Pflanze geführt, welcher in dem Knoten, wodurch sich Wurzel und Stengel verbinden, gelegen ist. In diesem Knoten vereinigt sich der eingesogene Saft aus allen Wurzelzweigen, und die kreisförmig verflochtenen Holzfibern desselben geben ihm eine Verarbeitung, wie der Magen der Thiere sie der thierischen Nahrung gibt. Die Flüssigkeiten, welche sich von der Höhe des Stengels hierher senken, bewirken eine Fermentation, und die Höhle in der Mitte dieses Knotens kann durch den Druck auf die darin enthaltenen Flüssigkeiten eine Art peristaltischer Bewegung, wie die Eingeweide der Thiere, erzeugen. Dieser Verbindungsknoten zwischen Wurzel und Stengel wiederholt sich nun in den Knoten der Zweige, und diese betrachtet daher de la Baisse als eben so viele Magen der Pflanzen. Von diesen Knoten aus geht der Saft in die Holzröhren, wo die Digestion, wie in den Gedärmen der Thiere, beendet wird. Dieses geschieht nun, indem nach der Vertheilung des Saftes, durch Verzweigungen der Blattnerven, aus feinen Mündungen die excrementitiellen Theile des Saftes ausgeleert werden, welche in Form von klebrigen Säften (wie die Manna, das Ladanum, das Gummi, der Pappelbalsam an den Knospen), welche die Excremente der Pflanzen darstellen, erscheinen. Der so digerirte und gereinigte Saft geht nun durch Seitencanäle in die Rinde und markigen Theile über, um sie zu ernähren und wieder zur Wurzel abzusteigen.

Parent und Mariotte *(Mém. de l'Acad. de Paris. Année 1711)* folgten den Ideen von Perrault und den Beobachtungen von de la Baisse über die Circulation, unterscheiden sich aber dadurch, dass

sie den Rückgang des absteigenden Saftes der Rinde in das Holz der Wurzeln am bestimmtesten aussprechen. Der Verlauf des Processes ist nach diesen Vorstellungen folgender: Die nährenden Feuchtigkeiten der Erde steigen, nach der Einsaugung durch die Wurzeln, im Holze des Stammes auf zu den Zweigen und Blättern und Früchten. Sie sind mit entsprechenden nährenden Eigenschaften versehen, und nachdem sie allen diesen Theilen ihre nährenden Stoffe abgegeben haben, steigt der unnütze Ueberrest wieder durch die Rinde zur Wurzel hinab, um hier eine neue Kochung und Zubereitung zu erleiden. Hiernach vereinigt sich die abgestiegene Flüssigkeit wieder mit den neuen Säften, die durch die Wurzel eingesogen werden, und beide steigen wieder in die oberen Theile durch das Holz in die Höhe. Mariotte suchte das Absteigen des Saftes dadurch zu beweisen, dass die gefärbten Säfte milchender Pflanzen in reicherer Menge gegen die Wurzel bei Verwundungen ausflössen und fügte noch einen Versuch mit Schöllkrautpflanzen hinzu, die er nach dem Ausreissen aus dem Boden mit den Blättern in's Wasser steckte, während der Stamm im Trockenen blieb. Nachher zeigte sich bei'm Durchschneiden des Stammes eine grosse Menge sehr blassgelber wässriger Milchsaft, woraus Mariotte schloss, dass dieser dadurch entstanden sei, dass das von den Blättern eingesaugte Wasser sich gegen das Wurzelende absteigend zum Milchsaft bewegt habe. Dieser Versuch will freilich weniger sagen, als die anderweitigen Gründe, aus denen sie auf die Nothwendigkeit einer Circulation schlossen. Dahin gehört vorzüglich Folgendes: Alle durch Wachsthum an der Pflanze sich bildenden Theile, die Blätter, Blumen und Früchte, erfordern beständig einen nährenden Saft, der zuvor digerirt zubereitet sein muss, denn der rohe eingesaugte Stoff kann unverändert nicht assimilirt werden. Diese Veränderung kann nicht mit einem Schlage geschehen, sondern es gehören dazu verschiedene Stufen der Verar-

beitung, wodurch die unnützen und überflüssigen Theile von den brauchbaren abgeschieden und diese gereinigt werden, während die excrementitiellen Theile durch Ausdünstung und Absonderung aus der Pflanze geschafft werden (vergl. Duhamel *physique des arbres. T. II. p. 315*).

Allen diesen Theorieen der Circulation bei den Pflanzen liegt das Vorbild der centralen thierischen Circulation zum Grunde, deren Analogieen man gewaltsam genug durchaus auf die Pflanzen anwenden wollte, anstatt aus den eigenen Erscheinungen des Pflanzenlebens selbst den natürlichen Gang der Säftebewegungen zu verfolgen.

Es hat daher nicht fehlen können, dass sich eben so viele Gegner als Verfechter dieser Circulationstheorieen fanden, weil fast alle für die Circulation angeführten Erscheinungen nicht in dem natürlichen Zusammenhange mit dem Ganzen aufgefasst sind, und daher eben so viel Widersprüche als Wahrscheinlichkeit zeigen.

3. Hales, Bonnet, Duhamel.

§ 17.

Hales, Duhamel und Bonnet haben nach Magnol diese Widersprüche schon hinreichend erkannt, wenn es ihnen gleich nicht gelingen konnte, aus ihnen die Wahrheit hervorgehen zu lassen, und sie bei den Zweifeln stehen bleiben mussten. Hales (*vegetable statiks. London 1727. 4.*) hat sich besonders mit der Bewegung des Saftes im Holze beschäftigt. Er führt zunächst Erscheinungen an, welche zeigen, dass dieser Saft keineswegs in einer fortwährend aufsteigenden Bewegung begriffen ist, weil man am thränenden Weinstock sieht, dass der aus dem abgeschnittenen Ende in eine darauf gekittete Glasröhre aufsteigende Saft bald höher steigt, bald wieder fällt, je nach der verschiedenen Temperatur, Witterung, Feuchtigkeit und den Perioden von Tag und Nacht; weil ferner die Erscheinungen des Umkehrens der Bäume, wobei die Wurzeln Blätter und die Zweige

Wurzeln treiben, zeigen, dass auch die Richtung der Säftebewegung sich umkehren könne. Hales glaubt daher, dass der Saft in denselben Gefässen bald aufsteige, bald wieder rückwärts gehe, also sich nur hin und her bewege oder balancire. Schon Malpighi sagte, dass in den umgekehrten Bäumen der Saft umgekehrt von den Zweigen nach den Wurzeln in die Höhe steige, und Hales hat solche Erfahrungen vermehrt, indem er einen beblätterten Apfelzweig mit der Spitze seines abgeschnittenen Mitteltriebes in Wasser steckte, und dabei mehrere Tage lang das eingesogene Wasser abwärts zu den Blättern führen und verdunsten sah. Obgleich diese Beobachtungen der Lehre von dem directen Aufsteigen des Saftes im Holze ganz widersprechen, so ist doch andererseits Hales's Theorie von dem Auf- und Absteigen (*balancement*) des Saftes keinesweges dadurch bewiesen. Nach Hales geschieht nämlich das Auf- und Absteigen nur in denselben Gefässen, aber zu verschiedenen Zeitperioden. Wie unrichtig dieses jedoch ist, sieht man an den schon Duhamel (*physique des arbres. T. II. p. 308*) bekannten und von Gautier in Canada an den Zuckerrohrbäumen gemachten Beobachtungen, dass zu gleicher Zeit der Saft unten aus der abgeschnittenen Wurzel und oben aus den abgeschnittenen Zweig-Enden ausfliesst. Ich habe die Wurzel einer Birke entblösst und in der Erde durchhauen lassen. Hier strömte zu gleicher Zeit der Saft abwärts aus dem Stamm in den Wurzelstumpf, und aufwärts von den Wurzelspitzen in das vom Stamme abgehauene Zweigende. Bei'm Sammeln des Holzsaftes aus Birken durch Einbohren von Löchern in den Stamm sahe ich immer den Saft aus allen Seiten von oben und unten am Bohrloch hervorquellen, was ohne eine gleichzeitige Direction der Saftbewegung nach allen Richtungen unmöglich wäre. Es ist freilich richtig, dass eine dieser Richtungen überwiegen, und die Saftmasse zu Zeiten in überwiegend aufsteigender Bewegung sich

befinden kann, wogegen sie zu anderen Zeiten, oder unter anderen Umständen, überwiegend absteigend wird, wie letzteres z. B. bei im Winter abgehauenen Birkenstämmen der Fall ist, die bis in den Frühling liegen bleiben, und bei denen der aus der feuchten Luft durch die Zweige eingesogene Holzsaft sich in überwiegender Richtung gegen das abgehauene Stammende drängt; allein immer widersprechen diese Beobachtungen der Theorie von Hales nicht minder, wie der Lehre von der rein aufsteigenden Bewegung im Holze. Die Sache ist also durch Hales nur schwieriger, nicht aufgeklärter geworden, ungeachtet der Vortrefflichkeit seiner Beobachtungen.

Magnol und Bonnet stützen sich bei ihren Einwendungen gegen die ältere Lehre von der Circulation auf die Erscheinungen des Aufsteigens der gefärbten Flüssigkeiten, welche sie ohne Veränderung bis in die höchsten Pflanzentheile aufsteigen sahen. Nach Magnol nehmen die weissen Blumen der in Phytolaccatinctur gesetzten Tuberosen selbst eine rothe Farbe an, was nach Magnol's Ansicht nicht geschehen könnte, wenn eine durch die Circulation bewirkte Verarbeitung des rohen Saftes stattfände. Diese Einwendungen treffen allerdings die irrigen Vorstellungen von der gänzlichen Umarbeitung des Holzsaftes durch Magen und Darmcanal der Pflanze, wie sie de la Baisse dargestellt hatte und Mariotte und Parent annahmen; sie zeigen auch, dass der rothe eingesogene Saft nicht gleich wie das Blut in den Thieren circulirt; allein sie beweisen nicht, was Magnol beweisen wollte, dass nach dem Aufsteigen des Saftes alle weitere Saftbewegung in der Rinde abgeschnitten sei, und ausser der Holzsaftbewegung keine weitere Circulation stattfinde. Bonnet selbst bestätigte sogar die Beobachtung von de la Baisse, dass nach dem Aufsteigen farbiger Flüssigkeiten die Rindensäfte sich in der Richtung von oben nach unten färben. Ueberhaupt aber beziehen sich die Beobachtungen von Magnol, Hales und Bonnet nur auf die Holzsaftbewegung,

und von dieser allein werden irriger Weise Schlüsse auf die Saftbewegung in den Pflanzen überhaupt gemacht, so dass diesen nur ganz einseitige Beobachtungen zum Grunde liegen, wobei die Erscheinungen der Saftbewegung in der Rinde unbeachtet bleiben.

§ 18.

Duhamel du Monceau (*la physique des arbres. Paris 1758. 4. T. II. Livr. V.*) fasste wieder die Saftbewegung im Holze und in der Rinde gemeinschaftlich, aber immer noch in ähnlichem Zusammenhange auf, wie in den früheren Circulationstheorieen, wo das Aufsteigen im Holze mit dem Absteigen in der Rinde im ununterbrochenen Zusammenhange stehen soll. Duhamel hat aber einen grossen Reichthum von Beobachtungen zusammengestellt und diese mit vielseitigem Urtheile betrachtet. Die Ansichten über die Saftbewegung von Hales, Magnol und Bonnet genügen ihm nicht und er neigt sich mehr zu der Annahme einer Circulation nach den Vorstellungen von Parent und Mariotte (***Histoire de l'Académie de Paris. 1711***), nach denen der Saft im Holze aufsteigt und in der Rinde wieder absteigt, doch ohne die Widersprüche dieser Theorie zu verkennen. Er sagt, dem damaligen Standpuncte der Wissenschaft gemäss, sehr wahr, man müsse eingestehen, dass die von Perrault, Parent und Mariotte angeführten Gründe allerdings zu der Voraussetzung berechtigen, dass die Circulation der Flüssigkeiten für die Zubereitung der Nahrungssäfte der Pflanzen eben so nothwendig sei, als bei den Thieren; indessen seien diess nur Gründe für die Wahrscheinlichkeit, die keine volle Ueberzeugung gewährten; doch mangelten directe Beweise vielleicht nur darum, weil die Kenntnisse über den Mechanismus der Säftezubereitung zu beschränkt seien (*l. c. p. 315. 322*). Duhamel hält es durch die Versuche von Magnol, de la Baisse, Reichel und durch seine eigenen Beobachtungen für erwiesen, dass der Saft in Gefässen des Holzes aufsteige und eben so, dass er in der Rinde wie-

der gegen die Wurzel hinabsteige (*l. c. p. 319. 326*). Allein die Verbindungen zwischen den Gefässen des aufsteigenden und des absteigenden Saftes hielt er für unerwiesen, und nahm das Dasein einer Circulation nicht entschieden an. Er neigt sich also mehr zu der Ansicht von Dodart, welcher mit Hales zwar die Circulation läugnete und ein blosses Ab- und Aufsteigen der Säfte zuliess, aber gegen Hales annahm, dass der aufsteigende Saft von dem absteigenden verschieden und beide in Gefässen von verschiedener Structur enthalten seien, nur dass sie keine Verbindung unter einander hätten, wie die Anhänger der Circulation glaubten (Duhamel *l. c. p. 325*). Duhamel beschäftigte sich vorzüglich mit den Beweisen für das Absteigen eines eigenthümlichen Saftes in der Rinde, wobei ihm nur genauere mikroskopische Betrachtungen fehlten, um besser die Widersprüche einzusehen, in denen Duhamel selbst befangen blieb. Die Hauptbeweise, welche Duhamel für das Absteigen des Saftes überhaupt anführte, waren:

1) Die Beobachtungen über das Ausfliessen des Milchsaftes, den man für einen absteigenden Saft hielt, aus verschiedenen Pflanzen, z. B. dem Schöllkraut, den Euphorbien, dem Mohn; 2) das Ausfliessen des Harzes aus verschiedenen Bäumen; 3) die Bildung der Wülste nach dem Ausschneiden von Rindenringen an Bäumen, womit zugleich die Erzeugung der Wurzeln aus dem absteigenden Safte zusammenhängen sollte; 4) die Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten, die in den Gefässen des Holzes bis zur Spitze der Pflanzen aufsteigen und dann sich erst den Rindensäften mittheilen (*Physique des arbres. T. II. p. 103. 325*).

Duhamel scheint ein Absteigen des Saftes nur in der Rinde anzunehmen, doch spricht er dieses keineswegs bestimmt aus, wahrscheinlich weil ihm das Organ des Absteigens in den krautartigen Pflanzen, welche keine ausgebildete Rinde besitzen, zweifelhaft blieb;

er beschränkt sich also nur darauf, das Absteigen des Saftes überhaupt zu beweisen (*l. c. p. 301*). Wir werden nun die einzelnen von Duhamel dafür angeführten Beobachtungen näher betrachten und sehen, dass auch keine einzige unter ihnen ist, welche ausschliesslich ein Absteigen zeigte. Diese Betrachtung wird für uns um so wichtiger, als alle späteren Ansichten über das Auf- und Absteigen des Saftes bis auf unsere Zeiten auf denselben Gründen beruhen und sich somit eben so unhaltbar erweisen, als die Ansichten von Duhamel selbst.

Was zunächst das Ausfliessen der Milchsäfte aus verwundeten Pflanzentheilen betrifft, so behauptet Duhamel mit Perrault, de la Baisse, Mariotte, dass dieser Saft in weit grösserer Menge von den Zweigen nach der Wurzel hin, als von der Wurzel nach oben fliesse (***Phys. des arbres. II. L. V. cap. II. T. I. L. I. cap. IV.***). Duhamel sowohl als Mariotte hielten diese Erscheinung für ganz entschieden, indem sie zu zeigen suchten, dass selbst gegen die Schwere der Saft dann in stärkerer Menge nach unten ausfliesse, wenn man die durchschnittenen milchenden Pflanzen mit dem unteren Ende in die Höhe halte. Perrault ging so weit, zu behaupten, dass, wenn man einen unreifen Mohnkopf durchschneide, man aus dem oberen Ende einen gelben Saft nach unten absteigen sehe, während von dem unteren Ende ein weisser Saft nach oben aufsteige. Diese Behauptungen finden sich aber durchaus nicht in der Natur begründet, und beruhen einzig und allein auf Vorurtheilen, wodurch man die unzweifelhaftesten Thatsachen entstellt hat. Vielmehr ist die Wahrheit allein diese, dass bei jeder Verwundung milchender Pflanzen, welchen Theil man auch verwunden möge, der Saft mit gleicher Stärke und in gleicher Menge von allen Seiten heraustreibt. Ist die Wunde quer, so sieht man den Saft in auf- und absteigender Richtung ausfliessen; ist sie eine Längswunde, so fliesst der Saft von beiden Seiten aus. Die Erscheinungen sind so allgemein und entschieden, dass sie nicht im ent-

fernteston andeuten, dass der ausfliessende Saft in absteigender oder auch nur in überwiegend absteigender Bewegung begriffen sei, vielmehr zeigen sie, dass die Bewegung gleichförmig in allen Richtungen geschieht. Am deutlichsten sieht man diese Erscheinungen in den saftreichen Pflanzen, z.B. *Asclepias syriaca,* den blattlosen Euphorbien und Cactus, aber sie erscheinen im Wesentlichen auch nicht anders bei'm Mohn, bei'm Schöllkraut und bei allen anderen Pflanzen. Es ist natürlich, dass, wenn man eine Wurzelspitze abschneidet, die abgeschnittene Spitze selbst wegen ihres geringeren Saftreichthums weniger Saft nach oben ausfliessen lassen wird, als das noch am Stamme sitzende Ende der Wurzel nach unten sendet, weil es eine grössere Saftmasse von der Pflanze erhält, mit der es zusammenhängt. Der umgekehrte Fall wird bei'm Abschneiden einer kleinen saftarmen Zweigspitze am oberen Pflanzentheil eintreten. Denn hier wird aus dem mit der Pflanze zusammenhängenden Zweigstumpf, der noch Saft von der Pflanze an sich ziehen kann, mehr Saft nach oben ausfliessen, als von der abgeschnittenen Zweigspitze nach unten vordrängt. Allein man kann aus ersterer Beobachtung eben so wenig schliessen, dass der Milchsaft eine bloss absteigende Bewegung habe, als man aus der letzteren schliessen darf, dass der Saft sich nur aufsteigend bewege. Auf solche einseitige Trugschlüsse aber sind die Ansichten von dem Absteigen des Saftes gebaut.

Gehen wir nun zu dem Ausfliessen des Harzes und des Gummi aus den Schnittflächen der Rindenwunden über, so finden sich ganz ähnliche Verhältnisse, welche jedoch hier mehr von den mechanischen austreibenden Kräften bedingt erscheinen, indem die Harz- und Gummicanäle blindsackartige Behälter ohne die contractilen Kräfte der Lebenssaftgefässe sind, in denen der Milchsaft enthalten ist, so dass ihre Bewegung mehr von äusseren Verhältnissen, als die Bewegung der Milchsäfte, abhängig ist. Duhamel behauptet, er habe nur aus

den oberen Wundrändern in der Rinde eines Kirschbaumes Gummi ausfliessen sehen, nicht aus den unteren (*l. c. II. p. 310*). Eben so soll nach ihm auch das Harz bei den harzführenden Bäumen nur von oben kommen. Was das Gummi und die Harze anlangt, so sind dieses Sekretionen, welche ohne alle eigene Bewegung in ihren Behältern eingeschlossen sind, und welche mechanisch dahin ausfliessen, wo sie durch mechanische Kräfte oder den Druck des umliegenden Zellgewebes hingetrieben werden. Sind also die Gummicanäle älterer Bäume, in denen das umliegende Zellgewebe keine comprimirende Wirkung mehr auf sie ausübt, an ihrem oberen Ende verletzt, so kann, ungeachtet der Verwundung, das Gummi gegen seine Schwere nicht in die Höhe steigen und ausfliessen; dagegen wird es aus den am unteren Ende verletzten Canälen durch die Wirkung seiner eigenen Schwere allmälig austreiben. Aehnliches findet sich bei den Harzgängen. Doch geschieht beides nur an älteren Pflanzentheilen; wo Duhamel auch seine Beobachtungen angestellt hat. In jüngeren Pflanzentheilen dagegen ist durch die Contractilität des Zellgewebes immer ein Druck auf die Secretionscanäle vorhanden, wodurch dann nach Verletzungen das Gummi und die Harze auch nach oben so gut wie nach unten austreiben. Jene Beobachtungen sind also zu einseitig angestellt, als dass für die Säftebewegung eine allgemeine Folgerung daraus hergeleitet werden könnte. Zudem aber lehrt die Anatomie, dass die Behälter, worin das Gummi und die Harze enthalten sind, eine fortschreitende Bewegung unmöglich machen, so dass diese Säfte, wie die ätherischen Oele, von Natur nicht bestimmt sind, sich zu bewegen. Indem man also die Erscheinungen des Ausfliessens dieser Säfte mit den Bewegungen der Milchsäfte zusammengestellt, hat man Dinge von der verschiedensten Natur zusammengebracht und irrigerweise auf einen Zusammenhang von Erscheinungen geschlossen, die gar keinen Zusammenhang haben. Es ist also nicht nur, dass die Beobach-

tungen über die absteigende Bewegung dieser Secretionen überhaupt einseitig und unrichtig sind, sondern auch, dass man aus solchen unrichtigen Beobachtungen eben so unrichtige Analogieen gefolgert hat.

Der dritte Beweis für die absteigende Saftbewegung wurde aus der Bildung der Wülste an den oberen Wundrändern der Rinde und aus der absteigenden Bewegung der Wurzeln, sowohl bei keimenden Saamen, als an den entwickelten Pflanzen entnommen. Duhamel's meisterhaften Beobachtungen über die Bildung neuer Holz- und Rindenschichten, über die Verheilung der Wunden und die Vereinigung des Reises mit dem Stamme bei Pfropfungen sind bekannt, und man sollte glauben, dass er sich in der Beurtheilung dieser Erscheinungen durch Vorurtheile nicht habe irre führen lassen. Indessen hat er auch hier die ihm unerklärlichen widersprechenden Beobachtungen von der Hand gewiesen, um einer ihm wahrscheinlichen Ansicht von dem Absteigen des Saftes nicht neue Hindernisse in den Weg zu legen. Eine Erscheinung, zu deren Beobachtung sich, seitdem Bäume auf der Erde wachsen, durch zufällige Verletzungen gewiss immer Gelegenheit geboten hat. Die Bildung der Wülste an den Wundrändern der Baumrinden wurde schon von Malpighi durch eigene Versuche mittelst Auschneiden von Rindenringen näher untersucht (*l. c. de radicibus plant. p. 69*). Malpighi fand schon, dass die geringelten Zweige von Eichen, Haselnüssen, Pflaumen, Weiden, Pappeln oberhalb der ausgeschnittenen Rindenringe wulstig aufschwellten, unterhalb nicht. Aehnliches fand auch Duhamel bei seinen vielen Versuchen, und er bemerkte, dass dasselbe geschehe, wenn man einen Baumstamm, ohne ihn zu ringeln, mit einem festen, nicht dehnbaren Bande umschnüre, wodurch die Rinde eingeschnürt werde (*l. c. II. p. 102, 107, 311*). Er sagt, dass die Wülste, welche die Narben der Wundränder bilden, immer durch einen Ausfluss, der von oben komme, niemals durch einen Ausfluss von unten sich bilden. Zum Beweise fügt er die

Abbildung eines bis zur oberen Hälfte des astlosen Stammes entrindeten Baumes bei (tab. 5. fig. 40. Livr. V.), der solche Anschwellungen am oberen Wundrande, nicht an dem unteren, gebildet hat. Er fügt hinzu, dass sich auch an der Basis jeder Knospe eine dergleichen Wulst bilde, woraus die Wurzeln an Ablegern und an Stecklingen entspringen, und dass bei'm Pfropfen in den Spalt sich an der Basis des Pfropfreises auf dem abgeschnittenen Baumstamme eine ähnliche Wulst bilde. Halten wir zunächst die Thatsachen fest, so sind sie sämmtlich nicht allgemein, sondern nur in gewissen Fällen durch äussere Umstände bedingt, und in Wahrheit bilden sich so gut Narbenwülste an den unteren, als an den oberen Wundrändern geringelter Bäume. Es hat nur seine Richtigkeit, dass in der Regel die Narbenwülste an den oberen Rändern stärker sind und mehr hervortreten, nicht aber, dass sie unten ganz fehlen sollten. Vielmehr finde ich, bei genauer Beobachtung, wie ich auch bei Beschreibung der Cyklose in dem Werke „über die Natur der lebendigen Pflanze“ dargestellt habe, dass nach dem Ausschneiden von Rindenringen sich Narbenwülste an den unteren, so gut als an den oberen Wundrändern zeigen, ja dass, wenn junge Triebe unterhalb der unteren Wundränder hervorbrechen, die Wülste unten eben so gross werden, als oben. Den Grund hiervon, der in dem Zufluss einer grösseren Menge von Lebenssaft von den Blättern aus liegt, habe ich am angeführten Ort ebenfalls schon aus einander gesetzt. Ja, ich finde sogar, dass Duhamel'n selbst die Erscheinung, dass auch an den unteren Wundrändern sich kleine Wülste bilden, gar nicht unbekannt geblieben ist, indem er (*l. c. p. 104*) geradezu sagt, es hätte sich, während oberhalb eine grosse Wulst entstanden sei, unterhalb fast gar keine gebildet. Und so bildete er auch (tab. 4. fig. 129. 135. p. 214) die kleineren unteren Wülste ganz richtig ab. Duhamel hat sich also hier der Theorie des absteigenden Saftes zu Liebe die unbestreitbare Erscheinung der Bildung kleiner

Narbenwülste an den unteren Wundrändern verschwiegen, während diese Erscheinung das grösste Licht auf die Lehre von der Säftebewegung hätte werfen müssen, und dadurch, dass niemand diesen Irrthum Duhamel's berichtigt hat, dieselbe Dunkelheit über diesen Gegenstand fortgedauert hat. Die Bildung der Narbenwülste an den unteren Wundrändern zeigt nämlich, so klein sie auch sein mögen, unwidersprechlich, dass sie sich nicht allein aus dem absteigenden Saft bilden können. Inzwischen haben wir ebenfalls bereits an oben angezeigtem Orte bewiesen, dass diese Narbenwülste, ähnlich wie die Holz- und Rindenschichten, überhaupt gar nicht unmittelbar aus dem circulirenden Lebenssafte der Rinde entstehen, sondern durch Senkung des zwischen Holz und Rinde sich erzeugenden embryonischen Cambium's bewirkt werden, nachdem sich dieses aus dem Lebenssafte gebildet hat, also nur eine unmittelbare Beziehung auf den circulirenden Saft haben. Die Bildung der Wülste ist also einmal nicht so, wie sie Duhamel annahm, und wenn sie so wäre, so würde dennoch nicht eine einfach absteigende Saftbewegung in der Rinde dadurch bewiesen, denn die Senkung des Cambium's gegen die offenen Wundränder könnte auch dann geschehen, wenn das Cambium aus einem aufsteigenden Saft gebildet worden wäre, wie ja auch Duhamel selbst zweifelhaft darüber blieb, ob nicht zuweilen aus dem Holz, ohne Mitwirkung der Rinde, sich neue Wülste und Schichten bilden könnten.

Was den vierten Beweis für die absteigende Bewegung des Saftes betrifft, so beruht er allein auf den von de la Baisse und Bonnet angestellten Beobachtungen des Uebergangs der durch das Holz eingesaugten farbigen Flüssigkeiten in die weissen Milchsäfte an der Spitze der Triebe. Daraus aber geht nicht im geringsten hervor, dass nur die Milchsäfte sich nur absteigend in einer und derselben Richtung bewegen, und alle Gründe, welche wir oben gegen die Ansicht

der absteigenden Bewegung der Milchsäfte überhaupt angeführt haben, sind auch hier geltend zu machen.

Indem wir also genauer das natürliche Sachverhältniss aufdecken, sehen wir auch, auf welcher unzuverlässigen Basis die Lehre von dem Aufsteigen und Absteigen des Saftes beruht. Nichts desto weniger hat man sie bis auf die neuesten Zeiten beibehalten und auf mancherlei Art aufrecht zu erhalten gesucht, wenn gleich nicht ohne Widerstreben der Natur.

4. Senebier, van Marum, Hedwig, Moldenhauer.

§ 19.

Der Mangel anatomischer Kenntnisse machte, dass in dem sonst reichhaltigen Werk von Senebier (***physiologie végétale. T. 4. p. 105***) die Ansicht ausgesprochen wurde, dass sich der absteigende Saft zwischen Holz und Rinde abwärts bewege. Diese Ansicht würde keiner Erwähnung verdienen, wenn sie nicht später bis auf Keith (***system of physiological botany. London 1816. p. 182***) und Sprengel (vom Bau und der Natur der Gewächse. S. 440) zu der irrigen Verwechselung der wahren Rindensäfte mit dem Cambium die Veranlassung gewesen wäre. So hielt man denn das Cambium, eine neue embryonische Bildung aus den Säften, für den absteigenden Saft selbst, und wir haben hiergegen die wahre Natur des Cambium's umständlich zu erläutern gehabt (Natur d. lebendigen Pflanze. I. S. 633 f.). Inzwischen war dadurch bestimmter ausgesprochen, dass die Wülste an den Wundrändern der Baumstämme sich durch das vordrängende Cambium bilden; aber Senebier suchte hieraus wieder fälschlich Schlüsse auf eine absteigende Saftbewegung zu machen. Er führt dafür die Betrachtung von Lancry (***Dict. d'agriculture de l'encyclop. méthodique. Art. bourrelets***) an, dass die Wülste an den oberen Wundrändern um so grösser werden, je mehr oberhalb die geringelten Zweige Blätter tragen, von denen der Saft absteige; ferner, dass aus diesem

Grunde ein harmonisches Verhältniss in der Entwickelung der entsprechenden Wurzeln und Zweige eines Baumes vorhanden sei, die sich gegenseitig ernähren, indem die Wurzeln und Zweige untereinander ihren gleichzeitigen Untergang nach sich ziehen, oder sich in gleichem Verhältniss stärker entwickeln. Obgleich diese Beobachtungen an sich naturgemäss sind, so beweisen sie aber doch nicht, dass der Rindensaft eine ausschliesslich absteigende Bewegung habe, da, ungeachtet der Existenz einer absteigenden Bewegung, wie oben angeführt worden, auch unzweifelhafte Erscheinungen einer gleichzeitigen aufsteigenden Bewegung der Säfte in der Rinde vorhanden sind.

Bei der grossen Unsicherheit, welche nicht nur über die Existenz und den Gang der Saftbewegung überhaupt, sondern insbesondere über die Organe, in denen sie stattfinden, in damaliger Zeit herrschte, war ein gewagtes prophetisches Unternehmen, dass van Marum seine berühmten elektrischen Versuche über die bewegende Kraft der Pflanzensäfte anstellte (van Marum ***dissert., qua disquiritur, quousque motus fluidorum et ceterae quaedam animalium et plantarum functiones consentiunt. Groening. 1775***). v. Marum suchte die Ursache in der Irritabilität der Gewächse, die nach seinen Versuchen durch starke elektrische Schläge mittelst der Teyler'schen Elektrisirmaschine gelähmt werden können, so dass das Ausfliessen des Saftes aufhöre. Gegenüber den Vorstellungen von Grew, Muschenbroek, Senebier, nach denen eine blosse Capillarattraction oder hygrometrische Thätigkeit das Aufsteigen bewirke, und den mechanischen Ansichten von Hales und Bonnet, welche die Ausdünstung des Wassers durch die Blätter als die Ursache der Saftbewegung angaben, war dies ein wichtiger Fortschritt in der Lehre von der Lebenskraft der Pflanzen, ungeachtet er in damaliger Zeit seine Wirkung nicht genug zeigen konnte.

Bei der damals zeitgemässen Neigung, die Lehre von dem aufsteigenden und absteigenden Saft zu beweisen, ging man so weit, anstatt die Functionen aus dem Bau herzuleiten, umgekehrt einen entsprechenden Bau für die vorausgesetzten Functionen zu finden, und in der Pflanze besondere zuführende und rückführende Gefässe (***vasa adducentia*** und ***vasa reducentia***) zu unterscheiden, eine Unterscheidung, wodurch manche Verwirrung in die Lehre von den Gefässen gekommen ist, um so mehr, als der Ursprung der Unterscheidung dieser Gefässe ein rein hypothetischer war. Hedwig (***de fibrae vegetabilis et animalis ortu. Lips. 1790. p. 22 sq.*** und Sammlung zerstreuter Abhandlungen, 2. Bd. S. 10, so wie in den Zusätzen zu: Aphorismen aus der chemischen Physiologie der Pflanzen. S. 156) machte zuerst den Unterschied zwischen zuführenden und rückführenden Gefässen. Er sagt in dem Sinne von Perrault und Mariotte: „die Saftgefässe sind entweder zuführende und in ihrem Geschäfte den Schlagadern der Thiere, oder rückführende, und insofern den Venen derselben zu vergleichen.“ Dabei stützte sich Hedwig aber nicht sowohl auf eigene Beobachtungen in Beziehung der rückführenden Gefässe, sondern auf die Angaben von J. B. D. Moldenhauer in Hamburg (***de vasis plantarum speciatim radicem herbamque adeuntibus. Traj. ad Viadr. 1779***), nach denen im Zellgewebe überhaupt, das Moldenhauer mit dem Namen: Mark belegte, ein Netz von Canälen zwischen den Rändern der Zellen vorhanden sein sollte, welche Moldenhauer mit dem Namen der Markgefässe (***vasa medullaria***) belegte (***l. c. p. 29. § 14***). Diese scheinbaren Canäle zwischen den Zellenrändern bildete Hedwig auch als Querstriche aus einem Kürbisstengel ab (***fundam. hist. nat. musc. frondos. P. I. tab. II. fig. 8***), und sie sind dasselbe, was Treviranus und Kieser später zu der Annahme von Intercellulargängen veranlasst hat. Hedwig sagte dann bestimmt, dass die Markgefässe Moldenhauer's seine rückfüh-

renden Gefässe seien, die nicht blos im Mark der Bäume, sondern im Parenchym überall vorkämen. So hatte man denn der Hypothese von dem absteigenden Saft zu Liebe besondere Gefässe für denselben geschaffen, die eben so hypothetisch blieben, als die Lehre vom Absteigen des Saftes selbst; aber das Andenken dieser Hypothesen hat sich mit der Meinung, dass es erwiesene Wahrheiten seien, dennoch in den Schriften erhalten. Ein Fortschritt der Wissenschaft konnte durch dieses Hypothesenwerk nicht entstehen, aber es hat doch dazu gedient, das Bedürfniss nach der Erkenntniss eines inneren Verlaufs der Thätigkeiten bei der Säftebewegung in den Pflanzen eine Zeitlang zu stillen.

5. Cotta, Knight, Treviranus, Decandolle.

§ 20.

Wir besitzen schätzbare Beiträge zur Lehre von der Saftbewegung in den Pflanzen von H. Cotta (H. Cotta, Naturbeobachtungen über die Bewegung u. Function des Saftes in d. Gewächsen. Weimar 1806). Cotta nahm im Allgemeinen die aufsteigende Bewegung im Holze und die absteigende in der Rinde an. Die erste suchte er durch einen eigenthümlichen Versuch, den er nach Duhamel's ähnlichem Experiment (*physique des arbres. T. II. p. 300. tab. 4. fig. 41*) anstellte, zu beweisen, indem er aus einem Weidenzweig, nach Oeffnung der Rinde, ein Stück des ganzen Holzkörpers ausschnitt, so dass der obere Theil des Zweiges mit dem unteren nur durch die Rinde zusammenhing. Der obere Theil vertrocknete hier eben so schnell, als wenn er ganz abgeschnitten gewesen wäre. Die Seitenbewegung des Saftes im Holze sucht er durch ähnliche Versuche, wie schon Duhamel, zu zeigen, indem er den Holzkörper an mehreren übereinanderliegenden Stellen von entgegengesetzter Seite bis auf das Mark einschnitt; so dass der Längszusammenhang der Gefässe unterbrochen war. Hier fand nichtsdestoweniger durch die Seitenbewegung das

Aufsteigen des Saftes vollständig statt. Als Organe dieser Seitenbewegung sieht Cotta, wie schon Malpighi und Grew, die Markstrahlen an (*vasa horizontalia* Malp.), und er glaubt daher, dass auch die Markstrahlen es sind, welche zur Bildung der kleinen Narbenwülste auf dem entblössten Holz manchem Baum den Saft zuführen. Allerdings finden sich diese Narbenwülste in den kleinen Gruben, welche die Vorsprünge der Rindenmarkstrahlen nach dem Abziehen der Rinde auf dem Holze bilden. Allein die junge Bildung ist nicht, wie wir ausführlich gezeigt haben (Natur d. lebendigen Pflanze. I. S. 640), durch Saft aus dem Holz entstanden, sondern es ist das junge embryonische Cambium, welches nach seiner Bildung aus dem Lebenssaft der Rinde auf dem Holz zurückbleibt und sich in den Markstrahlengruben anhäuft und vor dem Austrocknen schützt, so dass es zum Narbenwulste von hier aus sich entwickeln kann. In der That ständen auch diese Folgerungen mit Cotta's eigenen Annahmen in Widerspruch, nach welchen der rohe Saft im Holze aufsteigt; der in den Blättern zubereitete und allein zur Ernährung und Bildung geschickte Saft dagegen in der Rinde absteigt. Denn der rohe wässrige Saft des Holzes kann noch nicht zur Bildung geschickt sein, und seine Bewegung durch die Markstrahlen wird hierdurch eher widerlegt als bewiesen. Knight ist in denselben Widerspruch und Irrthum verfallen, indem er auch die Markstrahlen als zuführende Organe des Bildungssaftes zu den Wülsten ansieht, obgleich er sonst zu beweisen sucht, dass nur die Rindensäfte die Bildung bewirken. Die Seitenbewegung geschieht in der That allein durch die Anastomosen der Gefässe. Cotta hatte den wichtigen Unterschied zwischen Cambium und den wahren Säften nicht klar genug aufgefasst, daher denn auch seine Ansichten über die Natur der auf- und absteigenden Säfte unbestimmt bleiben, und seine Beobachtungen über das Aufsteigen des Saftes durch die Spiralgefässe des Holzes mit dem Uebergange dieses Saftes in die Markstrahlen gar

nicht im Einklang stehen, da nie gefärbte Flüssigkeiten in diese eindringen. Die Beweise für das Aufsteigen und Absteigen des Saftes sind also durch die sonst sinnigen Beobachtungen von Cotta nicht mehr gelungen, als bei den früheren Autoren.

Knight (***philosophical transactions. 1801. T. 2. p. 333. 1803. T. 2. p. 277. 1804. T. 1. p. 183. 1805. T. 1. p. 88. T. 2. p. 257. 1806. T. 1. p. 99. T. 2. p. 293. 1807. T. 1. p. 103. 1808. T. 1. p. 103. T. 2. p. 313***) hat die Lehre von dem Aufsteigen des Saftes durch interessante Versuche erläutert, obgleich er ebenfalls die irrige Verwechselung des Cambium's mit dem absteigenden Safte macht. Die Duhamel'schen Versuche über die Bildung der Wülste werden von ihm bestätigt und darin erweitert, dass die Wülste an den untern Wundrändern sich stärker vergrössern, wenn unter ihnen sich beblätterte Zweige befinden, von denen der Saft zur Bildung neuer Theile absteigen kann. Von besonderem Interesse sind die Versuche über die Entrindung der Kartoffelstengel. Wenn aus einem Kartoffelstengel ein Rindenring ausgeschnitten wurde, so wurden die Kartoffeln an den unterirdischen Theilen viel kleiner und es bildeten sich Knollen anstatt dessen oben in den Blattachseln. Wenn er alle kleinen Knollen, die sich an einer Kartoffelpflanze zu bilden anfingen, wegnahm, so fing die Pflanze, wenn sie bisher nicht geblüht hatte, zu blühen an und Früchte zu tragen, und zuletzt bildeten sich ebenfalls noch oberirdische Knollen. Knight sieht diese Erscheinung als Beweis für das Absteigen des Saftes an. Allein obgleich nicht zu zweifeln ist, dass wirklich die Knollen sich durch den in der Rinde absteigenden Saft bilden, so ist nichts destoweniger eben so gewiss, dass die Blumen und Früchte, welche nach Entfernung der jungen sich bildenden Knollen entstanden, eben so durch einen von den Blättern zu ihnen aufsteigenden Saft sich bilden mussten. Knight hätte also seine eigenen Betrachtungen eben sowohl zur Widerlegung als zur Bestätigung

der Lehre von dem Absteigen des Saftes anwenden können. Diesen auffallenden Widerspruch, dass die Wurzeln nicht mehr durch einen absteigenden, wie die Früchte durch einen aufsteigenden präparativen Bildungssaft ernährt werden müssen, hat aber, merkwürdig genug, seit Perrault, de la Baisse und Duhamel keiner der grössern Naturforscher beobachtet, die sich mit der Lösung der wichtigen Frage von der Saftbewegung in den Pflanzen beschäftigt haben.

v. Mirbel stellte in einer früheren Abhandlung (***exposition de la théorie de l'organisation végétale. Paris 1809. p. 287***) die sich von Senebier herschreibende Verwechselung des Cambium's mit dem absteigenden Saft als unrichtig dar, und zeigte bei Nadelhölzern, wie man hier das Cambium von den Harzen und eigenthümlichen Säften wohl unterscheiden müsse. Diess veranlasste ihn aber zu der weitern Behauptung, dass es keinen absteigenden Saft gebe, wenn man das Cambium nicht dafür gelten lassen wolle, sondern dass es nur einen aufsteigenden Saft, den Holzsaft (***la sève***) gebe, aus dem sich alle Theile bilden. Hier bleiben denn die Fragen von der Zubereitung und Organisirung des Holzsaftes, wodurch er zu Bildungen geschickt wird, noch ungelöst. In neueren Zeiten haben sich besonders Treviranus und Decandolle ausführlicher mit der Lehre von der Säftebewegung in den Pflanzen im Allgemeinen beschäftigt.

§ 21.

Decandolle (***physiologie végétale, ou exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux, pour servir de suite à l'organographie végétale; par A. P. Decandolle. Paris 1832. T. I. p. 146. 167.*** Auch deutsch u. d. Titel: A. P. Decandolle's Pflanzenphysiologie, a. d. Franz. von J. Röper, Stuttgart 1833) folgt im Allgemeinen der Lehre von dem aufsteigenden und absteigenden Saft nach Duhamel und Knight, doch mit einigen abweichenden Ansichten. Wir haben gesehen, dass Duhamel den aufsteigenden Saft für einen rohen Nah-

rungssaft hielt, der noch nicht zur Bildung geschickt sei, und daher zubereitet und höher verarbeitet werden müsse, um als Rindensaft abzusteigen und zu Bildungen verwendet zu werden. Diese Ansicht von der nothwendigen Verarbeitung des eingesaugten Saftes vor seiner Verwendung zur Ernährung lag schon allen älteren Vorstellungen von Malpighi, Perrault, Mariotte, denen auch Duhamel beistimmte, zum Grunde, und überall wurden hier stillschweigend oder ausdrücklich die Markstrahlen oder die Blätter als die Organe der höheren Verarbeitung angesehen. Von diesen Ansichten weicht Decandolle nur darin ab, dass er glaubt, der aufsteigende Saft könne sogleich bei seinem Aufsteigen zur Bildung geschickt werden, gleich dem absteigenden Saft, so dass nur die oberen Triebe (die Knospen) der Pflanzen durch den aufsteigenden Saft, die unteren aber (die Wurzeln) durch den absteigenden Saft gebildet würden (*l. c. T. I. p. 162, 165*). Decandolle nennt absteigenden Saft denjenigen, der in den Blättern zubereitet wird und dem Blute der Thiere darin entspricht, dass das Wachsthum und die Ernährung durch ihn bedingt ist. Allein Decandolle sagt, man müsse die beiden Nahrungssäfte nicht zu scharf von einander scheiden, denn obgleich bei den Pflanzen kein wirklicher Kreislauf stattfinde, so finde sich doch eine beständige Vermengung des vorher ausgearbeiteten mit dem aufsteigenden rohen Nahrungssafte (*l. c. p. 206*). Aus dieser gelegentlichen Aeusserung sieht man, dass Decandolle, wie auch Mariotte, de la Baisse, und die älteren Physiologen, einen Uebergang oder ununterbrochenen Zusammenhang zwischen den auf- und absteigenden Säften annimmt, und dass er beide nicht als zu zwei verschiedenen organischen Systemen gehörig betrachtet. Decandolle spricht sich sonst immer nur unbestimmt über den Zusammenhang der Säftebewegung im Ganzen aus, wegen der Zweifel, die ihm, wie allen früheren Pflanzenphysiologen, über die Widersprüche in den älteren Lehren von der Circula-

tion und vom Auf- und Absteigen der Säfte sich aufdrängten, ohne damit in's Reine kommen zu können. Doch sieht man, dass er darin wieder von den älteren Beobachtern abweicht, dass er nicht glaubt, dass der aufsteigende Saft sich nur im Holz, der absteigende sich nur in der Rinde bewege. Denn er spricht es bestimmt aus, dass der absteigende Saft theils in der Rinde, theils auch im Holze absteige, aber der absteigende Saft stosse nicht auf den aufsteigenden und könne daher ohne Hindernisse bis zu den Wurzeln gelangen (*l. c. p. 201*). Beweise aber für das Absteigen des Saftes im Holze führt Decandolle gar nicht an, im Gegentheil beziehen sich diese nur auf das Absteigen in der Rinde (die Wirkung des Cirkelschnitts). Auch sagt Decandolle nirgends, dass sich zweierlei Säfte beisammen im Holze unterscheiden lassen, sondern er beschreibt den Holzsaft nur von einerlei Qualität. Eben so wenig giebt Decandolle Auskunft über die zweierlei Gefässe im Holze, worin die beiden Säfte auf- und absteigen könnten, sondern in der Organographie werden nur einerlei Gefässe des Holzes beschrieben. Er scheint also die Annahme von einer Theilung des absteigenden Saftes in Holz- und Rindensaft und von der Verschiedenheit der Holzsäfte nur als eine Folge der Annahme von auf- und absteigenden Säften überhaupt zuzulassen. Man sieht, dass die Beweise für die Lehre vom auf- und absteigenden Saft immer schwieriger werden, jemehr man an die besonderen Erscheinungen geht, dass dabei die Widersprüche in dieser Lehre sich zu unentwirrbaren Knoten häufen und sie selbst ein blosser Nothbehelf in Ermangelung besserer Erkenntniss gewesen ist. Wir folgen Decandolle noch etwas weiter, um die Ansichten dieses berühmten Botanikers über den Verlauf der Thätigkeiten bei der Säftebewegung kennen zu lernen. Decandolle sagt: der aufsteigende rohe Nahrungssaft enthält Bestandtheile, welche denen des Gummi's sehr ähnlich sind, nämlich Wasserstoff und Kohlenstoff, und man muss den Gummistoff als

Bildungssaft der Gewächse ansehen (*l. c. p.168. 201*). So wie der rohe Saft von der Wurzel eingesogen wird, enthält er bloss Wasser. Während des Aufsteigens löst er gewisse Nahrungsablagerungen auf, die der absteigende Saft gebildet hatte, wie das Stärkemehl und den Zucker, die sich leicht in Gummi verwandeln können. Dadurch wird nun der aufsteigende Saft zur Bildung der Knospen und Blüthen, die im Frühling vor dem Ausbruch der Blätter austreiben, geschickt (*l. c. p.207*). Es giebt also eine doppelte Art, wodurch der rohe Nahrungssaft umgewandelt wird. Einmal nämlich wird er durch die Blätter verarbeitet und in absteigenden Saft umgewandelt. In anderen Fällen hingegen und namentlich, wenn er den Befruchtungsorganen zufliesst, findet dieser Saft in den Anschwellungen an der Basis dieser Organe eine Masse mit abgelagerten Nahrungsstoffen, die er auflöst, und wird dadurch, mit nährenden Stoffen geschwängert, den Blumen zugeführt (*l. c. p.210. 211*). Allein Decandolle berücksichtigt nicht, dass die wenigsten Pflanzen vor der Entwickelung der Blätter Blumen treiben, die meisten dagegen schon vor dem Blühen Blätter haben, und man sieht nicht ein, warum da, wo wirklich schon Blätter vorhanden sind, dennoch nicht die Blätter ihre Function ausüben und den Nahrungssaft zubereiten sollten; warum im Gegentheil gerade die edelsten Theile an der Pflanze aus dem aufsteigenden rohen Pflanzensaft, der nur wenige nährende Theile unterweges aufgelöst hat, sollten gebildet werden, während die unedleren Wurzeln nur aus dem wahrhaft verarbeiteten absteigenden Saft sich bilden sollten, und dieses zu einer Zeit, wo die Organe dieser Verarbeitung allgemein vorhanden sind. Endlich widerspricht eine solche zweifache Verarbeitungsweise aller Analogie und den Gesetzen der organischen Entwikkelung selbst. Es müssten nämlich zweierlei Gefässe sein, welche dieselbe Function der Zufuhr der Säfte bei der Ernährung hätten. Die Gefässe des Holzes würden den Blumen, die Gefässe der Rinde, oder

diejenigen für den absteigenden Saft überhaupt, würden den übrigen Theilen Nahrungsstoff zuführen müssen, was durch keine einzige Beobachtung erwiesen ist und gegen alle Analogie erscheint. Andererseits würden dieselben Gefässe für den aufsteigenden Saft zweierlei Functionen haben müssen, nämlich die Function der Einsaugung und Assimilation, und die Function der Circulation zugleich, dieses aber wieder nicht allgemein, sondern nur für gewisse Vegetationsperioden und für gewisse Pflanzentheile. Wozu wollen wir uns diese, der einfachen Naturbeobachtung entnommenen Widersprüche länger verhehlen, um das alte morsche Gebäude der Lehre vom auf- und absteigenden Saft noch länger zu hegen und zu pflegen, weil es doch bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft nicht mehr bewohnbar ist.

§ 22.

Treviranus stellt mehr historisch die älteren Ansichten von auf- und absteigendem Saft zusammen, und stimmt allen Mängeln und Unwahrscheinlichkeiten als erwiesenen Thatsachen bei, ohne sie zu erkennen (Physiologie der Gewächse, von L. Chr. Treviranus. Bonn **1835. 1.** Bd. **4.** Buch). Als Gründe für die aufsteigende Bewegung führt Treviranus an: Ungehindertes Belauben entrindeter Bäume, schnelles Verdorren bei unverletzter Rinde und durchschnittenem Holzkörper, Aufsteigen gefärbter Flüssigkeiten und Ausfliessen des eingesaugten Holzsaftes durch Thränen, das von unten anfängt. Treviranus glaubt, dass gegen die Beweiskraft dieser Gründe nichts Erhebliches einzuwenden sei. Wir bemerken zunächst nur, dass bei Treviranus die Voraussetzung gilt, dass der aufsteigende Saft sich nur im Holze und nicht in der Rinde, der absteigende aber sich nur in der Rinde und nicht im Holze bewege, worin Treviranus wieder von Decandolle abweicht. Fassen wir zuerst die angegebenen Beweise für die aufsteigende Saftbewegung im Holze auf, so findet sich,

dass weder die angegebenen Thatsachen sämmtlich richtig, noch die Folgerungen des Beweises sind, was sie beweisen sollen, indem die Erscheinungen nur einseitig aufgefasst sind und das Vorkommen des Gegentheils übersehen ist. Die Thatsache, dass das Thränen der Bäume immer von unten anfange, ist durchaus nicht allgemein, und obgleich die Erscheinung sich häufig so zeigt, findet sich auch unter andern Umständen das gerade Gegentheil. An Birken, die im Winter, vor der Füllung des Holzes mit Saft, abgehauen worden sind, und deren Stämme, sonst unverletzt, bis zur Thränenzeit liegen bleiben, sieht man, dass der Saft aus der feuchten Luft von den Zweigen eingesogen wird, und sich nach unten auch zum Stamme hin verbreitet und hier ausfliesst. Der noch in der Erde stehende Wurzelstamm indessen thränt zu derselben Zeit zwar auch durch Erguss von Holzsaft nach oben; allein wer könnte läugnen, dass eine Saftbewegung im Holz hiernach so gut von oben nach unten, wie von unten nach oben möglich und wirklich ist, und bei den parasitischen Pflanzen, deren Wurzeln absterben, sich immer ähnlich vorhanden sein muss. Ferner haben wir oben schon angeführt, dass der von der Wurzel eingesogene Holzsaft sich nicht in beständiger Richtung nach oben, sondern gleichzeitig in auf- und absteigender Richtung bewegt.

Aehnlich verhält es sich mit der Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten. Diese steigen in umgekehrten Baumzweigen, ähnlich wie das Wasser und der Holzsaft, in die Höhe und ihre Bewegung beweist nicht, dass im Holze nur eine aufsteigende Saftbewegung stattfinde.

Was das ungehinderte Belauben geringelter Bäume betrifft, so liegt darin nicht der Beweis, dass der Ausbruch der Blätter durch den aufsteigenden Holzsaft bewirkt werde, und solche Belaubung kann auch bei ganz abgehauenen Baumstämmen stattfinden. Die Belaubung geschieht vielmehr durch die Nahrungsstoffe der zubereiteten Rindensäfte, die schon in der Winterrinde früher angesammelt waren. Den

bestimmtesten Beweis hierfür finden wir darin, dass gänzlich bis zur Spitze entrindete Zweige niemals Knospen und Blätter treiben, sondern sofort eintrocknen. Daher darf auch die Entrindung der Bäume, deren Zweige wieder Blätter treiben sollen, nie über den zweiglosen Hauptstamm hinausgehen. Die jüngern Zweige müssen durchaus mit Rinde bekleidet bleiben, sonst schlagen sie nie wieder aus, wie ich mich durch öftere Versuche wiederholt überzeugt habe. Würden aber, wie Treviranus mit den Anhängern der Lehre vom aufsteigenden Saft glaubt, die jungen Triebe aus dem aufsteigenden Holzsaft gebildet, so müssten auch die bis zur Spitze entrindeten Zweige wieder ausschlagen können. Es ist nun zwar keinem Zweifel unterworfen, dass nach dem Ausbruch der Knospen durch die bildenden Stoffe der Rindensäfte die jungen Blätter aus dem theilweise entrindeten Stamm noch Holzsaft anziehen und in Lebenssaft umbilden, dass also wirklich noch einiger Holzsaft durch das entrindete Holz aufsteigt, wenn der Stamm noch mit der Wurzel zusammenhängt; allein auch ganz dasselbe kann geschehen, wenn dieser Holzsaft nicht von der Wurzel, sondern nur von den Zweigen absorbirt wird, in welchem Falle dann der Holzsaft nicht aufsteigt, sondern absteigt. In der That wird das Absteigen des Saftes durch entrindete Baumstämme sehr zweifelhaft, indem an solchen Pflanzen die Blätter im ersten Jahre wohl ausbrechen, aber unvollkommen bleiben und sehr früh wieder abfallen, und die ganzen Pflanzen im zweiten oder dritten Jahre einzugehen pflegen; wie es scheint, aus dem Grunde, weil die Triebe solcher Pflanzen weniger durch die Zufuhr des Saftes aus der Wurzel, als durch sparsame Absorption von Feuchtigkeiten aus der Luft ernährt werden. Wir läugnen durchaus nicht, dass nicht Saft im Holze aufsteige, allein der Holzsaft hat nicht eine blosse aufsteigende, sondern eben sowohl auch eine absteigende Bewegung; er ist also kein aufsteigender Saft allein. Die Holzsaftbewegung kann isolirt beinahe

in jedem einzelnen Gliede oder Zweige gleichzeitig mit der Saftbewegung in der Rinde sich zeigen, ohne dass ein allgemeines Aufsteigen stattfände. Wenn man den Zweig einer im Freien stehenden Weinrebe in ein Treibhaus leitet, so wird nur dieser Zweig im Winter austreiben, alle Zweige ausser dem Hause bleiben unbelaubt. Hier fängt die Bewegung in den Zweigspitzen an, und beschränkt sich auf den im Treibhaus befindlichen Theil, in welchem die Säfte in auf- und absteigender Bewegung sind. Wir dürfen nie die Lebenserscheinungen der Pflanze einzeln und ausser ihrem natürlichen Zusammenhange betrachten, wenn wir nicht zu einseitigen Resultaten gelangen wollen, wie es mit der Lehre vom auf- und absteigenden Saft der Fall ist.

Das schnelle Verdorren der Weidenzweige, denen man ein Stück Holz ausgeschnitten hat, während sie durch die Rinde noch mit der Pflanze zusammenhängen, zeigt allerdings, dass der starke Verbrauch von Holzsaft durch die Ausdünstung der Blätter im Zustande kräftiger Vegetation durch Zufluss aus dem Holze ersetzt werden muss, und dass der Saft zu den Zweigspitzen aufsteigen muss, wenn sie nicht verwelken sollen. Hieraus geht aber gar nicht hervor, dass diese Saftzufuhr nicht eben so gut von der Spitze der Zweige abwärts, als von denen der Wurzeln aufwärts geschehen könnte. Ersteres ist aber wirklich der Fall, und ein Weidenzweig wird sich sehr wohl erhalten, wenn er nach dem Auschneiden eines Holzstückes unterhalb mit der Spitze in Wasser gestellt wird. Dieser Versuch beweist gar nichts anderes, als dass das Holz das einsaugende und assimilirende Organ ist, aber nicht, dass in diesem Organ eine Saftbewegung nur in aufsteigender Richtung statthabe. Diese beiden Facta muss man wohl unterscheiden, wenn man solche Versuche richtig verstehen will. Weit entfernt ist es also, dass irgend, wie durch die sämmtlichen von Treviranus aufgezählten Erschei-

nungen die rein aufsteigende Bewegung des Saftes im Holze bewiesen würde, vielmehr zeigen sie sämmtlich gar nichts anderes, als dass das Holz der Pflanzen das Assimilationsorgan ist, wohin die rohen Nahrungssäfte übergehen.

Gehen wir nun zu den Beweisen über, welche Treviranus für das Absteigen des Saftes in der Rinde anführt. Es sind dies besonders zwei: nämlich die Wulstbildung über den geringelten oder eingeschnürten Stellen der Zweige, und die Bildung der Wurzeln aus diesen Wülsten, wie bei Stecklingen. Treviranus bezeichnet diese Wülste als Anschwellung der Rinde durch den absteigenden Saft *(l. c. p. 319)*. Indessen haben wir bereits oben gesehen, dass es nur wulstförmige Holz- und Rindenlagen sind, welche sich aus dem Cambium entwickeln. Diese Wülste entwickeln sich aber auf den Rändern kurz am Boden abgehauener Baumstämme, wohin der Saft doch nur von unten aufsteigen kann, oft zu unglaublicher Ausdehnung. Wir haben zwar gesehen, dass sie an den unteren Wundrändern der ausgerindeten Ringe nur schwach bleiben, aber doch ebenfalls vorhanden sind. Hier aber auf den Wurzelköpfen bleibt kein Zweifel übrig, dass diese Wülste nichts für einen absteigenden Saft beweisen. Zu ihrer Bildung gehört nur reichliche Anwesenheit von Lebenssaft in der Rinde, der sich sowohl in auf- als in absteigender Bewegung befindet. Das junge weiche Cambium drängt sich überall da zwischen Holz und Rinde hervor, wo es keinen Widerstand findet, also natürlich leichter abwärts, daher auch am leichtesten an den unteren Wundrändern der Zweige Wülste entstehen. Aber wo der Saftreichthum gross ist, wie in der Wurzelrinde, und die Pressung durch die dicke Rinde zugleich sehr stark, da drängen sich auch nach oben starke Wülste hervor.

Die seit Malpighi immer wiederholte Behauptung, dass die absteigende Bewegung der Wurzel auch eine absteigende Säftebewegung

voraussetze, gehört zu den grundlosen Vorurtheilen, die man blos gefasst hat, um nur den Erscheinungen eine Theorie unterzulegen, wie sie das Bedürfniss gerade zu fordern schien. Aus der Natur selbst sind jene Vorstellungen nicht hervorgegangen. Denn in der That, wenn die Richtung des Wachsthums der Pflanzentheile dieselbe Richtung voraussetzte, so würde nur das erste Würzelchen bei'm Keimen der Saamen und die spätere Pfahlwurzel die absteigende Bewegung beweisen. Die späteren horizontalen Wurzelzweige würden dann eine horizontale Saftbewegung, wie auch die ähnlich gerichteten Zweige haben, und die Blätter würden auf eine diagonale Saftbewegung schliessen lassen, und man würde so viele einfache Directionen der Saftbewegung annehmen müssen, als es Directionen des Pflanzenwachsthums gibt. Die Lehre vom aufsteigenden und absteigenden Saft würde für die Pflanzenphysiologie noch nicht ausreichen, und man müsste noch Seitenbewegungen nach allen divergirenden Richtungen annehmen, zu denen allerdings Malpighi in seiner Lehre von der radiären Bewegung durch die Markstrahlen schon einen Anstoss gegeben hatte. Indessen trägt die Annahme so vieler Richtungen und Arten der Saftbewegung schon so viel Unwahrscheinliches in sich, und der Zusammenhang des Ganzen würde dadurch so sehr aufgelöst worden sein, dass man die sich darbietenden Analogieen ausser der auf- und absteigenden Bewegung immer vernachlässigt hat. In der That aber stützt sich die Lehre von der absteigenden Saftbewegung nicht auf triftigere Gründe, als alle übrigen Richtungen für sich haben würden, und die Gesammterscheinungen des Pflanzenlebens widerlegen dieses Letztere so sehr, dass sie auf dem jetzigen Standpuncte der Wissenschaft als durchaus unhaltbar und unrichtig angesehen werden muss, wie gross auch die Autoritäten sein mögen, die sie noch aufrecht erhalten haben. Die Widersprüche in dieser Lehre sind auch zu allen Zeiten, wenn gleich nicht immer ausgesprochen, doch so stark

gefühlt worden, dass Viele dieselbe immer nur als wahrscheinlich, nicht als gewiss vorgetragen haben. Allein diess hat doch nicht gehindert, dass man auf die Wahrscheinlichkeit dieser Lehre doch wieder gewisse Folgerungen gegründet hat, und dadurch sind die Irrthümer über die Lehre von der Säftebewegung so fest gewachsen, dass es schwer wird, sich von der Gewöhnung an dieselben loszumachen, so sehr man auch die Widersprüche erkennt. Treviranus sieht die absteigende Saftbewegung auch nur als sehr wahrscheinlich an. Allein dessen ungeachtet geht er dazu über, sichere Bestimmungen über den Ort des Absteigens, welchen er nicht in Gefässen, sondern im Zellgewebe sucht, so wie über die Ursachen der Bewegung zu geben *(l. c. p. 334. 335)*. Nachdem man sich nun mit den Ursachen dieser wahrscheinlichen Bewegung abgemüht, muss man doch wieder zu Erscheinungen übergehen, welche zeigen, dass derselbe Saft sich auch aufsteigend verbreiten kann, wie z. B. die Mittheilung der scheckigen Farbe der Blätter durch Impflinge auf andere Pflanzen, wo sich diese Eigenschaft allmälig nach allen Richtungen ausbreitet. In englischen Gärten scheinen Pflanzen mit solchen Phänomenen lange bekannt zu sein.

P. Blair *(Botanick Essays. London 1720. 8. p. 383)* hat zuerst dergleichen gescheckte Jasminstämme beschrieben, an welchen nach dem Aufimpfen einer Knospe von gschecktem Jasmin nach wenigen Jahren an allen Blättern und Zweigen oberhalb und unterhalb der Impfstelle sich die gescheckte Beschaffenheit zeigte, was später auch Ph. Miller, Noisette, du Petit-Thouars bestätigt haben. Wenn also die Blätter aus dem absteigenden Saft sich bilden, so sieht man hier diesen Saft sich nach allen Richtungen verbreiten und nicht blos absteigen. Damit müssen sich natürlich der Ort und die Ursachen der Bewegung gänzlich ändern, die man schon einmal für den bloss absteigenden Saft festgestellt hatte.

6. Die Mängel in den früheren Theorien der Säftebewegung.

§ 23.

Fassen wir die bisherigen Theorien der Säftebewegung im Ganzen auf, so erkennt man zunächst, dass in ihnen die einzelnen Erscheinungen des Pflanzenlebens aus Mangel directer Beobachtungen der Saftbewegung in einen durchaus unnatürlichen Zusammenhang gebracht worden sind, dass man natürlich getrennte Erscheinungen verbunden und hinwiederum natürlich verbundene Erscheinungen getrennt hat. Die ein Ganzes bildende Holzsaftbewegung hat man einerseits in zwei verschiedene Säfte und deren Thätigkeiten getrennt; andererseits hat man die thätigen Actionen der Rindensäfte und des Holzsaftes durch unmittelbaren Uebergang in einander zu einem Ganzen verbunden. Der Hauptfehler hat in der einseitigen Analogie mit der centralen thierischen Blutbewegung gelegen und selbst diejenigen, welche keine wirkliche Circulation in den Pflanzen, sondern nur eine auf- und absteigende Bewegung annahmen, sind in denselben Fehler verfallen, immer die Holz- und Rindensaftbewegung nicht als selbstständig verschiedene, sondern als ein Ganzes von unzertrennlich zusammengehörigen und in einander fliessenden Functionen zu betrachten. Die grosse Unabhängigkeit beider hat man gewaltsam übersehen, die Verschiedenheit der Organisation der Rinde und des Holzes, welche die Verschiedenheit der Functionen beider bedingt, ist nicht gehörig berücksichtigt worden, überhaupt sind Anatomie und Physiologie ganz unabhängig von einander behandelt worden, mit wenigen Ausnahmen von Reichel, de la Baisse, zu denen selbst Duhamel kaum zu rechnen ist.

Fassen wir das Gemeinsame und die Abweichungen in den vorgetragenen Theorien der Circulation und der Lehre vom aufsteigenden und absteigenden Saft in den Pflanzen auf, so findet sich, dass beide Theorien im Wesentlichen einander ähnlich sind, und auf den-

selben Grundsätzen und Beobachtungen beruhen, und dass der Name Circulation nur ein anderer Ausdruck für die Lehre vom aufsteigenden und absteigenden Saft gewesen ist. Die Neigung, diese entgegengesetzte Richtung der Saftbewegung mit der thierischen centralen Circulation zu vergleichen, ist wesentlich in beiden Theorien vorhanden, weil man in beiden die aufsteigende und absteigende Saftbewegung als ein zusammengehöriges Ganze betrachtet hat, gleichsam als ein einziges System von Saftbewegung, dessen verschiedene Richtungen ununterbrochen in einander übergehen, wie man es sich nach der Harvey'schen Lehre von der Blutbewegung im Arteriensystem und im Venensystem der Thiere vorstellte. Die unwesentlichen Verschiedenheiten beider Theorien beruhen nur darin, dass diejenigen, welche de la Baisse und Reichel folgten (Parent, Mariotte, Kieser, Treviranus, Cotta, Knight), annahmen, dass die aufsteigende Bewegung nur im Holze, die absteigende dagegen nur in der Rinde oder in den rindenartigen Organen geschehe, dass also Holz und Rinde mit verschiedenen, doch in einander übergehenden Functionen begabt seien; Andere dagegen, wie Duhamel, Decandolle, nach den ursprünglichen Annahmen von Malpighi und Perrault zulassen, dass sich, wenigstens im Holze, eine aufsteigende und absteigende Bewegung zugleich finde, was von der Rinde jedoch nur von Malpighi und Perrault, nicht aber von Duhamel und Decandolle mit Bestimmtheit behauptet wird, welche Letztere in der Rinde nur von einer absteigenden Bewegung sprechen, im Holze aber beiderlei Bewegungen annehmen.

Diejenigen nun, welche die aufsteigende Bewegung allein auf das Holz, die absteigende Bewegung allein auf die Rinde beschränken, sind es vorzüglich, welche das Ganze der Säftebewegung in Holz und Rinde zusammengenommen mit der Circulation in den Thieren vergleichen, oder doch zu vergleichen geneigt sind.

Damit ist dann die bestimmte weitere Annahme verbunden, dass der aufsteigende Saft durch die Blätter an den Zweipspitzen in ununterbrochenem Laufe direct in den absteigenden übergehe, wie man es sich von dem Uebergange des Arterienbluts in Venenblut bei den Thieren nach Harvey vorstellte; und dass ferner der zu den Wurzelspitzen abgestiegene Saft wieder zu dem aufsteigenden zurückkomme und mit diesem den Kreislauf vollende.

Diejenigen hingegen, welche die von Hales und Bonnet gegen die Lehre von der Circulation vorgebrachten mechanischen Ansichten von dem Aufpumpen des Saftes durch die Ausdünstung in Betracht zogen, haben mit Duhamel zwar ihre Zweifel gegen den directen Uebergang der beiderlei Säfte in einander geäussert, und den vollständigen Zusammenhang der Circulation durch Holz und Rinde geläugnet; allein im Uebrigen die Lehre vom Aufsteigen eines rohen und vom Absteigen eines zubereiteten Saftes angenommen, wie de la Baisse und Perrault, so dass in der Hauptsache die Lehre vom Auf- und Absteigen des Saftes auf denselben Fundamenten beruht, nur dass sie die Einen mit der Vorstellung, die Anderen ohne die Vorstellung einer vollständigen Circulation annehmen. Bei beiden bleibt die Thätigkeit des Holz- und Rindensystems ein zusammenhängendes Ganze, und in Bezug auf den Uebergang des aufsteigenden Saftes in den absteigenden kommen auch beide Lehren gänzlich überein, sie unterscheiden sich nur dadurch, dass der Uebergang des absteigenden Saftes in den aufsteigenden, in den Wurzelspitzen, nicht von beiden, sondern nur von den Anhängern der vollständigen Circulation angenommen wird.

Das unzweifelhaft Gemeinsame in den sämmtlichen früheren Lehren von der Säftebewegung in den Pflanzen bleibt also die Lehre von dem Aufsteigen und Absteigen des Saftes in einem ununterbrochenen Zusammenhange, wobei die Functio-

nen von Holz und Rinde wesentlich nicht unterschieden, sondern als ein Ganzes bildend angesehen werden.

Die Mängel und Widersprüche dieser Lehre bleiben sich vollkommen gleich, mag man nun das Aufsteigen auf das Holz, das Absteigen auf die Rinde beschränken oder nicht, im Gegentheil könnte man sagen, dass im ersteren Fall die Schwierigkeiten viel grösser würden als im letzteren Fall, wo man sich an keine bestimmten Organe bindet.

In beiden Fällen nämlich bleiben die Ansichten über den Uebergang der Säfte in einander und über den ihnen untergelegten Zweck völlig unerwiesen und ausserdem die unzweifelhaftesten Erscheinungen der Säftebewegung unerklärlich, von denen wir bereits oben bei Betrachtung der einzelnen Theorien gesprochen haben. In beiden Theorien gilt die nothwendige Voraussetzung, dass der aufsteigende Saft an sich identisch, der absteigende es ebenso sein muss; dass keiner von beiden zugleich zweierlei Bewegungen haben kann und dass somit, obgleich der aufsteigende Saft eine von dem absteigenden verschiedene Beschaffenheit zeigen muss, beide dennoch ineinander übergehen sollen. Nun aber sehen wir überall den identischen Holzsaft sowohl, als den ganz identischen Rindensaft, sich gleichzeitig nach oben und nach unten und zu den Seiten bewegen. Wir kommen hier wieder auf die schon von Spigel und Mariotte erkannte, und sich der einfachsten Beobachtung aufdrängende Erscheinung zurück, dass eine verwundete milchende Pflanze in aufsteigender und absteigender und seitlicher Richtung den Milchsaft ausströmt, der als zubereiteter Saft nach der Uebereinstimmung Aller nur eine absteigende Bewegung haben sollte.

Solche einfache Beobachtungen werfen die ganze Theorie der auf- und absteigenden Saftbewegung über den Haufen, abgesehen davon, dass die wichtigsten Erscheinungen des Bildungsprocesses durch

sie unerklärlich bleiben. Wie will man die Bildung der Narbenwülste an den unteren Wundrändern der Rindenringe erklären, wenn sie nur der absteigende Saft bildet? Nach der Analogie des Bildungsprocesses bei den Thieren und bei den Pflanzen sind Alle darüber einig, dass die Bildung aller Organe wie aus einem gleichen Keim, so aus einer in allen Theilen identischen dem Blute ähnlichen Flüssigkeit geschehen müsse. Soll also diese bildende Flüssigkeit nur eine absteigende Bewegung haben, so könnten nur die unteren Theile wachsen, oder vielmehr die Pflanze könnte sich nur in der einen Richtung nach unten fortbilden, wie man von dem Würzelchen bei'm Keimen und von den Wurzeln überhaupt behauptet hat, dass sie sich nur aus dem absteigenden Safte bilden. Muss man nicht eben so gerecht gegen die Knospen und die sich nach oben aus ihnen entwickelnden Zweige sein, wie gegen die Wurzeln, und auch ihnen zugestehen, dass sie einen bildenden Saft zur Ernährung nöthig haben? Aber wenn nur der absteigende Saft bildet, können die oberen Pflanzentheile nicht wachsen, wenigstens verbietet es ihnen die Theorie. Decandolle war daher gezwungen, im Widerspruche mit aller Analogie des organischen Bildungsprocesses, anzunehmen, dass die aufsteigenden Organe von einem ganz andern (aufsteigenden) Saft gebildet würden, als die absteigenden; als wenn nicht Kopf und Hals von demselben Blute ernährt werden müssten, wie Hände und Füsse. Aber Decandolle hat die grössten Verlegenheiten, in welche ihn diese Theorie bringt, nicht erkannt. Wir wissen nämlich seit Duhamel, dass das entblöste Holz keine neuen Bildungen produciren kann, und obgleich Duhamel in Bezug auf einige Erscheinungen hierin zweifelhaft blieb, so zeigen unsere eigenen Versuche auf's Entschiedenste die völlige Unfähigkeit des aufsteigenden Holzsaftes, aus dem von Rinde entblösten Holze irgend eine neue Bildung zu erzeugen (Natur der lebendigen Pflanze. Thl. I. S. 640). Wenn ferner auch, hiervon abgesehen, wie

es doch oft geschieht, die Blüthen und Früchte nicht aus der Spitze der Zweige, sondern aus den Wurzeln oder wurzelartigen Bildungen der Pflanze unter der Erde ihren Ursprung nehmen, wie bei allen Pflanzen mit einer Wurzelinflorescenz, so müssten hier die Blüthen und Früchte dennoch aus dem absteigenden Safte sich bilden, gleich den Wurzeln selbst, und wenn sich die Verschiedenheit einer Wurzel- und Stengelinflorescenz bei ganz verwandten Arten, wie in der Familie der Amomeen wiederfindet, so steigt der Widerspruch auf's Höchste, dass die Blüthen einer Pflanzenart sich durch den aufsteigenden, die der anderen Art durch den absteigenden Saft bilden sollten.

In der That hat nur die hohe Wichtigkeit der Säftebewegung in den Pflanzen und das drängende Bedürfniss, auf diesen inneren Quell aller Bildungen und Entwickelungen immer wieder die äussern Phänomene zurückführen zu müssen, die Naturforscher immer wieder von Neuem antreiben können, die alten misslungenen Versuche einer Theorie der Säftebewegung wieder aufzunehmen, und sie so gut als möglich den Bedürfnissen anzupassen. Es kam hierbei nicht sowohl darauf an, alle Irrthümer zu widerlegen, als vielmehr neue Wahrheiten an deren Stelle zu suchen, denn aller Fortgang der Wissenschaft wird durch Aufzeigen von Widersprüchen zur Widerlegung von Irrthümern nur gehemmt, wenn nicht etwas Anderes, sei es auch nur eben so Irrthümliches, an die Stelle gesetzt wird. Die fortschreitende Wissenschaft macht positive Entwickelung, neue Production und neues Schaffen nothwendig, über die Trümmer des Alten hinaus, wenn auch die neuen Versuche wieder das Schicksal haben, in Trümmer zu zerfallen. Wir erkennen somit dankbar die frischen Bewegungen in dem Labyrinth der alten Irrthümer über die Säftebewegung der Pflanzen an, gehen aber zu bestimmten Entwickelungen weiter.

7. Ergebnisse für die Lehre von der Säftebewegung aus der Anschauung der Pflanzen-Organisation im Ganzen.

§ 24.

In aller Wandelbarkeit der Erscheinungen drängt sich eine bleibende Allgemeinheit im Grossen auf, nämlich die relative Unabhängigkeit des Lebens der Rinde von dem Leben des Holzes, und die Selbstständigkeit jedes dieser grossen Organe, die sich als äusserer Ausdruck einer inneren Sonderung der organischen Systeme und Functionen darstellen. Dass man diese Selbstständigkeit in dem Leben der Rinde, die Unabhängigkeit ihrer Productionen von dem Leben des Holzes, so weit es die Beziehungen der inneren Organe überhaupt zulassen, bisher nicht naturgemäss erkannt hat, scheint den Grund aller Mängel in den früheren Theorien der Säftebewegung zu enthalten, und von einer naturgemässen Unterscheidung dieser grossen Gegensätze aus muss sich eine bessere Erkenntniss von dem Gange des Lebensprocesses der Pflanze entwickeln. Es ist für sich klar, dass, wenn Holz und Rinde so ineinander verflochtene und ein Ganzes bildende Functionen hätten, wie in der Lehre vom auf- und absteigenden Pflanzensaft behauptet wird, beide auch der Organisation nach ein Ganzes bilden müssten, und nur in gemeinschaftlicher Vereinigung ihre Thätigkeiten ausüben könnten; allein von allem diesem zeigt sich gerade das Gegentheil. Wenn wir im Winter und Frühling sich das Holz unserer Bäume mit Saft füllen und in regster Thätigkeit begriffen sehen, erscheint das Rindenleben in Ruhe und Unthätigkeit. Obgleich das Holz von Saft strotzt, so geht nicht die geringste Menge als absteigender Saft in die Rinde über, diese bleibt vielmehr bei allem Saftreichthum des Holzes trocken und zeigt nur geringe Spuren innerer Säftebewegung. Dieses könnte nicht geschehen, wenn nicht die Einsaugung und Füllung des Holzes mit Saft eine von dem Rindenleben völlig unabhängige Thätig-

keit wäre, die sich in eigener Selbstständigkeit erhält. Wäre die auf- und absteigende Saftbewegung ein zusammenhängender Process, so müsste sich in Holz und Rinde immer eine gleiche Aufregung der Lebensactionen finden, anstatt dass wir sehen, dass die Lebenserregungen beider nicht nur von einander unabhängig, sondern sich sogar in Bezug auf die Perioden entgegengesetzt sind. Daher sehen wir denn auch an den entrindeten Bäumen, dass das entblöste Holz unabhängig von der Mitwirkung der Rinde die rohen Säfte einsaugt und weiter von der Wurzel zu den Zweigen führt, ohne dass die Entfernung der Rinde einen directen Einfluss hierauf hätte, so dass sich erst später mit dem Absterben des Holzes Veränderungen hierin zeigen.

Eben so und noch vielmehr unabhängig und selbstständig ist das Leben der Rinde. Man sieht diess zunächst daran, dass die Bildungen aus der Rinde ganz ohne unmittelbare Mitwirkung des Holzes geschehen. Merkwürdig bleiben hier die Beobachtungen, dass das Holz im Innern der Rinde zuweilen gänzlich absterben kann, ohne dass die Rinde in ihrer Function leidet. Wir finden diese Erscheinung nicht selten bei'm Erfrieren der Bäume und Baumzweige, und sehen sie bei'm Wein und den Nussbäumen besonders deutlich (vergl. Natur der lebendigen Pflanze. 2. Thl. S. 175). Hier findet man nämlich nach kalten Wintern das Holz innerhalb der Rinde, besonders an den jüngern Zweigen, gänzlich durch Frost abgestorben, die Rinde aber noch lebendig und grün. Mit dem beginnenden Frühling fängt die Säftebewegung in der Rinde über dem abgestorbenen Holze ganz selbstständig wieder an, und es bilden sich aus ihr über dem abgestorbenen Holze neue Holzschichten (der sogenannte doppelte Splint), wodurch nun eine ganz neue Verbindung des Zweiges mit dem Holze des Stammes wieder hergestellt wird. Dieser wäre nach der Lehre vom auf- und absteigenden Saft unmöglich, weil auch ohne den im Holze aufsteigenden Saft in diesem Falle die Saftbewegung in

der Rinde ursprünglich beginnt, der Saft also, jener Hypothese zufolge, absteigen müsste, ohne aufgestiegen zu sein. Diese Beobachtung scheint im Widerspruche zu stehen mit den von Duhamel und Cotta gemachten Experimenten, bei denen sie an beblätterten Zweigen das Holz durchschnitten, während die Rinde unverletzt blieb, und dann fanden, dass die Zweige oberhalb der Durchschnittsstelle des Holzes abstarben. Der Grund der Verschiedenheiten dieser Erfolge liegt aber allein in Aussenverhältnissen und besonders in dem Umstande, dass bei den Versuchen von Duhamel und Cotta beblätterte Zweige, mitten im Treiben begriffen, genommen wurden, während die Wirkungen der Rinde bei dem durch Frost abgestorbenen Holze vor Entwikkelung der Knospen sich zeigen. Sobald nämlich mit beblätterten Zweigen dergleichen Versuche angestellt werden, findet sich die Zweigrinde in einem Zustande der Erschöpfung durch die rege Vegetation, so dass sie wenigstens zu schnellen Neubildungen nicht saftreich genug ist. Inzwischen verbrauchen die Blätter durch die fortwährende Ausdünstung viel Holzsaft, während die Einsaugung in dieser Periode gar nicht in Betracht kömmt. Somit welken diese Zweige hin, ohne dass eine Verbindung mit dem Stamme hergestellt werden kann. Die Sache verhält sich ganz anders bei den in natürlichem Zustande blattlosen Zweigen des Weins und der Nussbäume, deren Rinde im Winter reich an Lebenssaft ohne schnelle erschöpfende Bewegung ist, während die blattlosen Zweige selbst wurzelähnlich einige Feuchtigkeit aus der Luft einsaugen können, um sich gegen schnelles Austrocknen zu schützen. Nur unter solchen Verhältnissen der äusseren und inneren Lebensbedingungen kann sich die Selbstständigkeit der Lebensthätigkeit der Rinde in ihrer ganzen Kraft zeigen, so wie wir es wirklich in der Natur finden.

Uebereinstimmend mit diesen Beobachtungen über die Selbstständigkeit der Säftebewegung in der Rinde sind auch die Beobach-

tungen der Bildung neuer Holz- und Rindenlagen unter den abgesonderten Rindenstücken bei den verschiedenen Arten der Pfropfungen, besonders bei'm Oculiren mit dem schlafenden Auge, wo die neuen Bildungen vor dem Ausbruch von Blättern aus den Rindenschildchen geschehen. Man sieht nämlich, sobald das Oculiren im Spätsommer (August) vorgenommen wird, dass zwar das Anwachsen des Rindenschildchens noch geschieht, die Knospe aber nicht mehr austreibt, sondern den Winter hindurch schläft, um erst im Frühling Blätter zu treiben. Hier kann also keine neue Saftbildung geschehen, sondern alle Lebensthätigkeit des Rindenstücks muss von dem in demselben schon vorhandenen Saft bewirkt werden. Nichts desto weniger sieht man die gewöhnliche Bildung von Cambium, die Verwachsung durch Narbenwülste, wie bei'm Pfropfen mit dem treibenden Auge. Hier zeigt sich also die Unabhängigkeit des Lebens der Rinde so entschieden, dass jeder Zusammenhang mit den Functionen des Holzes durchaus ausgeschlossen ist.

Diese Selbstständigkeit des Lebens in Holz und in Rinde findet nicht bloss im Zusammenhange mit der ganzen Pflanze, sondern auch in den getrennten Stücken und Gliedern derselben statt, was man bei'm Oculiren sowohl, als auch bei den übrigen Pfropfungen mit abgeschnittenen Reisern deutlich sieht. Ueberall nämlich geht hier die junge Cambiumbildung, wodurch die Verheilung bewirkt wird, selbstständig von dem Reise aus, und nur wo dieses der Fall ist, gelingen die Pfropfungen. Besitzt das Reis nicht die Lebensenergie und den Säftevorrath, der zu dem Anfange neuer Bildungen und zum Verheilungsprocess nothwendig ist, so misslingt auch die Pfropfung und das Reis trocknet ein. Ueberall kömmt es hier vorzüglich auf die Selbstständigkeit des Lebens in der Rinde an, weil von dieser die neuen Bildungen ausgehen müssen, was man am unzweideutigsten bei'm Oculiren sieht, wo nur vom Holz

gesonderte Rindenstücke zum Aufsetzen angewendet werden. Bei einer so unabhängigen Selbstständigkeit der Functionen von Holz und Rinde erscheint es unmöglich, dass beide ein zusammengehöriges Ganze der Säftebewegung bilden können, wie man bisher immer vorauszusetzen gezwungen gewesen ist; vielmehr ergiebt sich hieraus auch die Wahrscheinlichkeit einer eben so unabhängigen Verschiedenheit der Organisation beider Organe, dass man von hier aus mehr auf den Gegensatz, als auf die Verbindung der Functionen dieser Organe hingewiesen wird.

§ 25.

Betrachten wir die äusseren Erscheinungen dieser Functionen zuerst mit blossen Augen und ohne Mikroskop näher, so ergiebt sich Folgendes für die Function des Holzes:

1) Alle Erscheinungen kommen dahin überein, dass das Gefässsystem des Holzes das Organ der Einsaugung der Nahrungssäfte ist, wie die Lymphgefässe in den Thieren.

2) Dass die Einsaugung an allen Stellen der Pflanze, den Zweigen und Blättern nicht minder als den Wurzeln, stattfinden kann, dass nur der Process der Einsaugung durch die Wurzel in der Regel überwiegend gegen die übrigen Theile hervortritt.

3) Die Function des Gefässsystems im Holze ist also in allen äussern Pflanzengliedern ganz dieselbe. Der Process der Assimilation erstreckt sich durch alle äusseren Pflanzentheile, wenn sie nur die Elemente des Holzes enthalten, und er ist nicht auf die Wurzel oder einen andern Theil beschränkt.

4) Hiermit hängt zusammen, dass die Säftebewegung im Holze nicht immer und nicht allein aufsteigend ist, sondern dass sie auch oft absteigend sein kann, und in der Regel aufsteigend und absteigend zugleich ist; wodurch sich denn alle die widersprechenden Beobachtungen

von Hales und Bonnet einerseits, und de la Baisse, Duhamel und Perrault andererseits, vereinigen lassen.

5) Es findet daher gar nicht nothwendiges Aufsteigen oder Absteigen, sondern nur eine Füllung der Gefässe im Holze mit Holzsaft statt, wodurch eine Spannung zwischen dem Saft und den Gefässen entsteht, sobald die Füllung einen hohen Grad erreicht, so dass nun der Saft an verwundeten Stellen nach allen Seiten und Richtungen ausgetrieben wird.

6) Das Ausfliessen des Holzsaftes ist daher keine nothwendige Folge der Einsaugung überhaupt, wie man je nach der Einsaugung gefärbter Flüssigkeiten deutlich sieht, vielmehr kann die Holzsafteinsaugung immerfort vor sich gehen, ohne dass bei Verwundungen Holzsaft austreibt, wie wir es auch im Laufe des Sommers bei unseren beblätterten Bäumen sehen, wo die Füllung keinen so hohen Grad erreicht, dass die zum Ausfliessen erforderliche Spannung entsteht.

7) Die Bedingungen des Ausfliessens des Holzsaftes aus dem verwundeten Holze liegen in einer über den Verbrauch desselben überwiegenden Absorption, wodurch die Gefässe nach ihrer Füllung überfüllt und angespannt werden, wie sich dieses an unseren Bäumen während der periodisch hervortretenden Holz- oder Assimilationsfunction im Winter und im Frühling zeigt, während in dieser Periode die Ausdünstung zurücktritt.

8) Dass auch die beblätterten Palmen und tropischen Schlingpflanzen während des Sommers thränen, kann nur seinen Grund in der Organisation der Blätter dieser Pflanzen haben, die bei ihrer mit harter Epidermis bekleideten lederartigen Structur wenig ausdünsten, so dass der aus dem Boden und der feuchten Atmosphäre zugleich eingesaugte Holzsaft die Gefässe immer in einem Zustande von Ueberfüllung erhält, wobei sie nach Verwundungen den Saft ausfliessen lassen.

9) Hierin finden auch die, nach Hales berühmtem Vorgange, von Duhamel, von uns selbst und von Meyen angestellten Beobachtungen über das Steigen und Fallen des Holzsaftes in den auf abgeschnittenen Weinreben aufgekitteten Glasröhren ihre Erklärung. Dieses Steigen und Fallen ist von der vermehrten oder verminderten Spannung der Gefässe gegen den Holzsaft abhängig, wodurch dieser bald bei geringerer Spannung weiter in die Höhe steigt, bald aber in die niederen Theile des Stammes zurücktritt und sich mit stärkerer Spannung hier ansammelt. So sieht man auch bei Zweigen von Weinreben, die von einem im Freien stehenden Stamm in ein Treibhaus geleitet sind, dass durch den ausserhalb befindlichen Stamm die Holzsaftbewegung mit so geringer Spannung geschieht, dass der Stamm nicht thränt, aber in der im Treibhause befindlichen Rebe die Ansammlung des Saftes so gross wird, dass die Rebe bei Verwundungen überall thränt.

10) Ein unmittelbarer Uebergang des Holzsaftes in einen absteigenden Rindensaft findet ganz und gar nicht statt, denn gerade zu der Zeit, wo die Füllung des Holzes mit Holzsaft am gespanntesten ist, zeigt sich die Rinde trocken und unthätig. Die Holzsaftbewegung ist also völlig isolirt von der Saftbewegung in der Rinde und beide relativ von einander unabhängig. Der Uebergang ist ein unter Mitwirkung des Respirationsprocesses durch Blätter oder blattartige Organe vermittelter (vergl. Natur der leb. Pflanze. Thl. 2. S. 585).

11) Der Holzsaft dient nicht unmittelbar als Bildungssaft, denn zur Zeit seiner grössten Ansammlung im Winter und Frühling stockt der Bildungsprocess gänzlich, und erst bei verminderter Holzsaftfülle tritt mit der regeren Thätigkeit im Lebenssafte des Rindensystems auch der Bildungsprocess ein. Daher schadet auch der Verlust grosser Mengen von Holzsaft der Pflanze wenig oder gar nicht, wogegen Verluste von Lebenssaft sehr nachtheilig wirken.

§ 26.

Ueber die Säftebewegung im Rindensystem und den davon ausfliessenden Organen lehrt uns eine einfache Naturanschauung dieses.

1) Der Saft in der Rinde ist beständig und nicht periodisch in einer gleichzeitigen auf- und absteigenden Bewegung begriffen. Man sieht dieses deutlich bei jeder leichten Verwundung der Rinde, wo aus den oberen und unteren Wundrändern Saft hervorquillt, vorzüglich leicht bei milchenden Pflanzen, aber im schwächeren Grade auch bei allen übrigen. Unzweifelhaft wird diese doppelte gleichförmige Richtung der Bewegung, wenn man den Stengel einer krautartigen Pflanze oder einen jungen Baumzweig durchschneidet, in welchem Fall mit gleicher Stärke aus dem oberen wie aus dem unteren Ende der Saft hervorquillt.

2) Von der Rinde aus verbreitet sich die Saftbewegung in mancherlei Theile, bis wohin die Holzsaftbewegung überhaupt nicht, oder doch sichtbar nicht dringt. Dahin gehören die Blätter. An welcher Stelle man auch ein besonders an Milchsaft reiches Blatt verwundet, so sieht man den Saft ausfliessen. Am stärksten geschieht das Ausfliessen bei Verwundung der Blattnerven, deren Gefässe am reichsten mit Lebenssaft erfüllt sind. Obgleich bis hierher auch Spiralgefässe dringen, so kann man doch aus den Blättern niemals Holzsaft ausfliessen sehen. Ausser den Blättern verbreitet sich der Lebenssaft der Rinde auch in das junge Mark und zeigt hier, wie man an Durchschnitten junger Triebe sieht, dieselbe Bewegung in auf- und absteigender Richtung, wie in der Rinde. Auch das übrige Zellgewebe und selbst die Haare der Pflanzen ergiessen bei Verwundungen, besonders im jugendlichen Zustande, Lebenssaft, jedoch in geringerer Menge, als die Rinde.

3) Im Zellgewebe der Rinde, wie des Markes, hat man aber ausser den aus unsichtbaren Mündungen der Gefässe fliessenden Saft noch

flüssige Secretionen zu unterscheiden, welche in grösseren, mit blossen Augen sichtbaren Blättern langsam und nie mit solcher Gewalt hervorströmen, wie der Lebenssaft. Dahin gehören die Balsame bei den Nadelhölzern und Terebinthaceen, das Gummi bei den Linden, Mandelbäumen, den Cycadeen, die ätherischen Oele in der Schaale der Pomeranzen u. s. w. Alle diese Secretionen sind verschiedenen Familien eigenthümlich und zeigen kein allgemeines Vorkommen im Pflanzenreich. Von der ganz verschiedenen Bedeutung der Secretionen im Pflanzenreich und im Thierreich wird weiterhin die Rede sein. Die Lebenssaftgefässe dagegen sind eben so allgemein, als das Gefässsystem des Holzes.

Der Unterschied dieser Secretionen von dem Lebenssaft ist mit blossen Augen oft schwer zu finden, und auf der Verwechselung beider beruht daher ein grosser Theil der Irrthümer über den sogenannten absteigenden Saft. Wir müssen das Nähere bis auf die mikroskopische Zergliederung versparen.

4) Die Bewegung des Lebenssaftes der Rinde ist in den verschiedenen äusseren Theilen der Pflanze selbstständig und unabhängig, und auf mancherlei Art verschieden. Aus der Wunde eines Theils fliesst nicht der Saft der ganzen Pflanze, nicht einmal der Saft der nächstgelegenen Theile aus, sondern die Entleerung erstreckt sich nur auf die durch Knoten getrennten Glieder, zuweilen auf diese nur theilweise. Damit hängt zusammen, dass der Saftreichthum in den verschiedenen Theilen ganz verschieden sein kann. Die jüngeren Triebe sind, wie die Blätter und das junge Mark, saftreicher, als die älteren Stämme, doch sind hierin bei verschiedenen Pflanzen mancherlei Verschiedenheiten. In den jüngeren Wurzelspitzen wird der Saftreichthum wieder grösser.

5) Damit hängt zusammen, dass die Bewegung dieses Saftes kein ununterbrochen zusammenhängendes Ganze von Strömen bildet, die

sich direct von einem Ende der Pflanze zum andern verbreiten, sondern die auf- und absteigende Richtung der Ströme ist ununterbrochen, jedes Pflanzenglied hat eine relativ selbstständige und unabhängige Bewegung, z. B. die Blumen, die Früchte, so dass die Bewegung oft in einem Theile noch fortdauert, während sie in dem andern schon aufhört; welche Verschiedenheiten sich zwischen Blättern, Blumen und Früchten sehr häufig finden, von denen die einen nach Verwundung häufig noch Saft ergiesst, die anderen nicht mehr. Die Saftbewegung kann also in den verschiedenen Theilen unabhängig anfangen und eben so wieder aufhören.

6) Dennoch aber ist wieder ein Zusammenhang der Gefässe aller Theile vorhanden, wie man daran sieht, dass dieser Saft sich von den Zweigen bis zu den Wurzeln verbreiten kann. Rindenringe heben den Zufluss von den Wurzeln zu den Zweigen auf. Sobald die Pflanzen ihre Blätter verlieren, zieht sich der Saft mehr in Stengel und Wurzel zurück.

7) Von der Holzsaftbewegung ist diese Bewegung gänzlich unabhängig und nur indirect mit ihr im Zusammenhange. Der Holzsaft mag ruhen oder in Bewegung sein, immer findet man zu allen Jahreszeiten, dass bei Verwundungen der Lebenssaft hervorquillt, namentlich aus den Wurzeln auch im strengsten Winter.

8) Der Lebenssaft des Rindensystems ist der alleinige Quell der Bildungen, daher auch von der Rinde selbstständig alle Entwickelung und das Wachsthum ausgeht. Alle Organe, wohin sich die Lebenssaftgefässe von der Rinde verbreiten, sind in gleicher Weise zu Bildungen geschickt.

Ein naturgemässes Bild der Gesammtorganisation und des Lebens der Pflanze können wir uns durch richtige Unterscheidung der organischen Systeme verschaffen, welche das Ganze zusammensetzen. Auf der Allgemeinheit dieser organischen Systeme allein beruht das Wesen

der Functionen, die sich in allen Pflanzen wiederfinden, und wenn keine Zweifel über die Functionen im Besonderen entstehen sollen, muss man sich über die Allgemeinheit der Organe verständigen, und diese im Grossen und im Ganzen auffassen.

Wir sehen also durch einfache Betrachtung der Erscheinungen in ihrem Zusammenhange, dass naturgemäss zwei von einander selbstständig verschiedene und von einander relativ unabhängige Systeme von Säftebewegungen vorhanden sind, das eine im Holz, das andere in der Rinde. Zwei Systeme also, die sich durch einfache vorurtheilsfreie Anschauung als natürlich verschieden darstellen, waren bisher künstlich verbunden worden, und diess ist Grund genug, um einzusehen, warum es nie hat gelingen wollen, einen rechten Zusammenhang zwischen der auf- und absteigenden Saftbewegung zu finden, weil nämlich der künstliche Zusammenhang, den man suchte, in der Natur nicht vorhanden ist.

Auf der anderen Seite sehen wir, dass in dem Rindensystem selbst sich noch zwei verschiedene Arten von Säften natürlich unterscheiden, nämlich der in Gefässen enthaltene und sich auf- und absteigend bewegende Lebenssaft und die in geschlossenen Behältern eingeschlossenen Secretionen, welche sich nicht minder von dem Lebenssaft, wie die thierischen Secrete vom Blute unterscheiden, und besondere Eigenthümlichkeiten einzelner Familien bilden, so dass die Secretionsorgane verschiedener Familien bei allgemeiner Aehnlichkeit der Lebenssaftgefässe gänzlich von einander verschieden sind. Auch diese beiden Dinge hatte man früher ununterschieden vereinigt und zum absteigenden Saft gerechnet. Sie bilden noch wieder zwei getrennte organische Systeme, von denen das System der Secretionen sich als vermittelndes Glied den beiden Gefässsystemen hinzugesellt, so dass wir nunmehr aus der verworrenen Einheit, in welcher man früher die Säftebewegung und den gesammten Lebensprocess betrach-

tete, drei verschiedene organische Systeme naturgemäss gesondert haben. Zwar ist früher schon die Idee von abgesonderten Säften in den Pflanzen geäussert worden, aber ohne dass man sie und ihre Organe allgemein und naturgemäss von den bildenden Säften und deren Organen unterschieden hätte; vielmehr haben noch die neuesten Autoren, wie Treviranus, Decandolle und Link, ohne bestimmtes Princip der Unterscheidung, die Lebenssäfte zum Theil als Secretionen und Auswurfsstoffe, die Secretionen aber, wie Gummi und Harze, als bildende Säfte betrachtet, wobei denn die Verwechselung der Flüssigkeiten nicht minder als die Verwechselung der Organe, worin sie enthalten sind, Schwierigkeiten bereitet. Ohne Frage wird man sich immer mehr von der Wichtigkeit einer naturgemässen Unterscheidung der inneren Organe und organischen Functionen in der Pflanze überzeugen. Hatten wir früher das System der Cyklose im Verhältniss zu den übrigen Functionen der Pflanze dargestellt, so wird uns jetzt das Verhältniss der Cyklose zu den früheren Lehren von der Säftebewegung und dem Gange des Lebensprocesses deutlicher werden. Es kommt hierbei zunächst nur auf die Unterscheidung der organischen Systeme und Functionen im Ganzen an, und auf eine natürliche Sonderung der früher in zufälliger Reihe vermengten Stücke der Pflanzenorganisation, wie z. B. noch in des berühmten Decandolle's Pflanzenphysiologie unter dem Abschnitt von den Bildungssäften die in Höhlen des Zellgewebes eingeschlossenen Secretionen, wie das Gummi und der Zucker, ferner feste Bildungen, wie das Stärkemehl, die Holzfaser, dann auch der rohe Holzsaft, Dinge ohne alle innere Beziehung zu einander, abgehandelt werden, während die allein in wahren Gefässen enthaltenen Milchsäfte unter dem Abschnitt von den eigenthümlichen Absonderungen betrachtet werden.

Das Princip, wonach wir die organischen Systeme in der Pflanze unterscheiden, ist das Princip der Entwickelung und der Genesis.

Alle diejenigen Stoffe, Producte und Organe gehören zu einem und demselben organischen System, welche sich ursprünglich auseinander entwickelt haben, und diejenigen gehören zu verschiedenen Systemen, welche in der ursprünglichen Entwickelung schon getrennt sind, wie Holz und Rinde. Was zu einem organischen System gehört, muss also eine innere genetische Beziehung zu demselben haben und darum können Lebenssäfte und Secretionen, als in ganz verschiedenen Organen gebildet, nicht mit einander verbunden werden. Im Einzelnen mögen sich immer noch einige Schwierigkeiten finden, besonderen Stoffen und Producten ihre rechte Stelle im Zusammenhange des Ganzen zu geben, sobald aber das rechte Princip erkannt ist, werden sich diese Schwierigkeiten leicht überwinden lassen.

Wir haben soweit unsere Betrachtungen bei Unterscheidung der organischen Systeme in der Pflanze vorzüglich auf diejenigen Pflanzenformen bezogen, an denen, wie bei den Bäumen, diese Systeme in natürlicher Sonderung am entschiedensten, als Holz, Rinde und Zellensystem, hervortreten. Es gehören hierzu alle von uns ***Dichorgana*** genannten Pflanzen. Dieselben Unterschiede der organischen Systeme finden sich auch bei den ***Synorgana,*** nur dass hier Holz- und Rindensystem in jedem Gefässbündel vereinigt geblieben ist, so dass sich die höhere Organisation beider Systeme in jedem Bündel wiederholt. Was oben von der Selbstständigkeit und Unabhängigkeit der Functionen in Holz und Rinde gesagt worden, muss also hier auf die beiden Systeme angewendet werden, die in jedem Gefässbündel, wie Holz und Rinde, mit einander verbunden sind. Die Selbstständigkeit dieser Theile erreicht hier in den einzelnen Bündeln nicht den hohen Grad in Bezug auf den Bildungsprocess, wie bei den dichorganischen Pflanzen in Holz und Rinde; in Bezug auf die Säftebewegung aber findet sich kein wesentlicher Unterschied. Der Bildungsprocess,

welcher hier nicht von einem Rindensystem ausgehen kann, fixirt sich dagegen in den Knoten der Glieder dieser Pflanzen, welche daher in der Physiologie der Bildungen hier eine grössere Rolle spielen, als bei den dichorganischen. Ich nenne diese Pflanzen deshalb Knotenpflanzen, weil hier die Knoten die bleibenden Centralpuncte der Bildungen sind.

Wir dürfen uns indessen nicht verhehlen, dass die naturgemässe Unterscheidung der drei inneren Systeme von Organen und Functionen der Pflanze ihre völlige Gewissheit erst durch die Beobachtung der Cyklose des Lebenssaftes erhalten hat, ja dass sie überhaupt hierdurch erst angeregt und möglich geworden ist. Die obigen Betrachtungen der Säftebewegungen und der Lebensthätigkeiten der Pflanze überhaupt im Zusammenhange des Ganzen machen allerdings das Vorhandensein organischer Systeme höchst wahrscheinlich; allein immer ist man genöthigt, dabei noch von den äusseren Erscheinungen auf innere Zustände und Verhältnisse zu schliessen, und so nothwendig diese Schlussfolgerungen auch erscheinen, so erhalten sie doch durch die unmittelbare Beobachtung erst ihre unzweifelhafte Gewissheit. Es müssen sich also hierbei die äussere Anschauung des Ganzen und die mikroskopische Beobachtung der inneren Vorgänge selbst gegenseitig ergänzen und erst dadurch, dass beide im Einklang stehen, wird man den Anforderungen der Wissenschaft ganz entsprechen. Dieser Einklang aber scheint uns durch die Entdeckung der Cyklose des Lebenssaftes herbeigeführt worden zu sein, indem wir dieses Phänomen nicht als ein isolirtes für sich, sondern im natürlichen Zusammenhange mit dem Ganzen betrachtet haben. Dadurch ist die Cyklose der Pflanzen der Mittelpunct der Untersuchungen geworden, von dem aus eine richtige Beurtheilung der Bedeutung, der Stellung und des Zusammenhanges der übrigen Erscheinungen der inneren Organisation sich mit Leichtigkeit ergeben hat. Es bedurfte gewissermaassen nur dieses

Anstosses, damit die ganze Reihe der lange bekannten reichen Beobachtungen sich von selbst zu einem naturgemässen Zusammenhange ordnete. Wir erhalten dadurch eine grössere Freiheit in der Uebersicht einer grossen Masse von Erscheinungen und Thatsachen der inneren wie der äusseren Pflanzenorganisation, welche bisher ungeordnet und zum Theil ohne Bedeutung durch einander lagen, und die erst durch die Erkenntniss der natürlichen Stellung, welche sie in dem Kreise des Ganzen einnahmen, ihre höhere Wichtigkeit erlangen. Es werden sich auf diese Art die vielen scheinbar widersprechenden Beobachtungen nach und nach zu einem mehr vollendeten Ganzen vereinigen lassen, wenn gleich nicht geläugnet werden kann, welche grosse Schwierigkeiten es hat, eine Menge durch Herkommen und Autoritäten beglaubigter Vorurtheile, missverstandener und in falschen Zusammenhang gebrachter Erscheinungen, wie sie in den Werken überall noch verbreitet sind, durch alle Einzelheiten zu widerlegen, während doch andererseits eine vollständige Aufklärung aller Einzelheiten nöthig ist, um etwas Neues an die Stelle des Bisherigen zu setzen; so viel als irgend thunlich, müssen wir also den Zusammenhang neuer Thatsachen mit den älteren Beobachtungen darzustellen und die scheinbaren Widersprüche aufzuklären suchen.

Zweiter Theil.

Das System der Cyklose.

Erster Abschnitt.

Schicksale der Entdeckung.

§ 27.

Wie jeder Keim zu seiner Entwickelung um so längere Zeit gebraucht, als das Wachsthum sich in vielfältigere Verzweigungen ausdehnt, so war es auch gleich bei der ersten Entdeckung der Erscheinungen der Cyklose nicht möglich, die Allgemeinheit und Verbreitung derselben im ganzen Pflanzenreich empirisch nachzuweisen, wenn gleich von Hause aus das Vorkommen und die Lebensverhältnisse dieser Säftebewegung, auch bei den wenigen anfangs beobachteten Pflanzen, im Ganzen betrachtet, schon darauf hindeuten mussten, welche allgemeine Verbreitung die Bewegung habe. So hat es denn auch längerer Zeit bedurft, durch die Untersuchung der Organisation von Pflanzen aus den verschiedensten Familien des Reichs nicht nur die Allgemeinheit des Gefässsystems überhaupt nachzuweisen, sondern auch die verschiedenen Formen und Entwickelungsstufen der Gefässe in den verschiedenen Lebensaltern und Zuständen derselben Pflanze gehörig zu erkennen, und die Gesammtheit der dazu gehörigen Erscheinungen durch alle die Widersprüche hindurch zu führen, welche sich durch unsere eigenen Beobachtungen nicht minder wie durch die Beobachtungen und Vorurtheile Anderer dargeboten haben.

*

Es war im Sommer des Jahres 1821, also vor nunmehr fast 20 Jahren, dass mir bei'm Sammeln des Milchsaftes aus dem Schöllkraut *(Chelidonium maius)* zum Zweck chemischer und mikroskopischer Untersuchungen auffiel, mit welcher Kraft der Saft aus den Durchschnitten der Stengel nach oben wie nach unten ausströmte, so dass ich eine durch's Mikroskop sichtbare Bewegung in auf- und absteigenden Gefässen in der Pflanze selbst vermuthete und bei Anstellung der Beobachtung wirklich fand. Die Kraft und Schnelligkeit der Bewegung erregte mein Erstaunen, ich wusste nicht, ob ich meinen Augen trauen sollte und säumte nicht, die schöne Erscheinung meinen damaligen Lehrern und Freunden Rudolphi, Link, Klug und anderen, die sich für den Gegenstand interessirten, zu zeigen. Der Entschluss war kurz gefasst, die Sache zu veröffentlichen, und während die Beobachtungen an allen Theilen der Schöllkrautpflanze dasselbe Phänomen des Auf- und Absteigens und Ineinanderumkehrens der entgegengesetzten Ströme zeigten, säumte ich nicht, die Beobachtungen auch auf andere Pflanzen auszudehnen, unter denen ich solche mit mehr oder weniger gefärbten Säften zuerst auswählte, um die Gesammtergebnisse dann zu publiciren. Der Druck der Schrift wurde angefangen, bevor das Ende der Untersuchung abzusehen war, denn diese dehnte sich aus, jemehr Pflanzen ich untersuchte. Von den Bewegungen in den verschiedenen Theilen des Schöllkrauts waren bald einige Abbildungen fertig, und so wurden die ersten Bruchstücke einer sichtbaren Circulation im Schöllkraut zu Ende des Jahres 1821, schon mit der Jahreszahl 1822 versehen, in die Welt geschickt und auf's Freundlichste von Link's berühmter Feder bevorwortet (Ueber den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut und in mehreren anderen Pflanzen, von Dr. C. H. Schultz, mit 1 illum. Tafel). Jemehr Aufsehen die Sache erregte, desto mehr wurde sie aber von denen, welche sie nicht gesehen hatten, bezweifelt, und namentlich erregten zwei Umstände

den Zweifel, einmal der Name Circulation, dann, dass ich in einigen undurchsichtigen Theilen, um die Ströme sichtbar zu machen, mich des Sonnenlichts zur Beleuchtung bediente, wodurch, wie man glaubte, eine Täuschung entstehe. Daher liefen denn auch alle Einwendungen auf diese beiden Puncte zusammen und ich hatte genug zu thun, mich über die reichlichen Widersprüche zu verständigen, ehe ich in dem Gange meiner eigenen Untersuchung fortschreiten konnte. Im Jahre 1824 erschien ein Heft zur Beseitigung der Einwendungen, die von der täuschenden Wirkung des Sonnenlichts und der missverstandenen Analogie des thierischen Kreislaufs entnommen waren (Ueber den Kreislauf des Saftes in den Pflanzen. Erläuternde Bemerkungen von C. H. Schultz. Berlin 1824. 8.). Die ersteren waren leicht zu beseitigen, da man in hinreichend durchsichtigen Theilen die Strömungen auch ohne Sonnenlicht sehen konnte; aber der Jahrhunderte alte Streit über den Begriff und die Verschiedenheiten des Kreislaufs mussten tiefer erwogen werden. Meine Beobachtungen deuten weder auf einen Kreislauf, wie ihn Perrault und Sarrabal in den Pflanzen hypothetisch angenommen hatten; noch hatte ich die Bewegung in den Pflanzen mit dem centralen Kreislauf in den höheren Thieren durch Arterien, Venen und Herz verglichen; aber selbst Einige von denjenigen, welche das Factum der Bewegung bestätigt hatten, konnten sich nicht vorstellen, dass es einen andern Kreislauf gebe, und man wollte meine Beobachtungen nicht gelten lassen, weil ich ihnen einen Namen gegeben hatte, mit dem Jeder schon ein bestimmtes Vorurtheil verband und weil man hoffte, es werde sich eine andere Erklärung der Phänomene geben lassen, in welchem Sinne dann die ganze Sache verdächtigt und dadurch bewirkt wurde, dass man sie von gewissen Seiten theilnahmlos von der Hand wies. Inzwischen waren die verschiedenen Formen des Kreislaufs bei den verschiedenen Thierclassen nicht zu verkennen, indem schon das Bild des centralen

Kreislaufs der höheren Ordnungen auf die niederen nicht mehr passt, in welchen sich eine Circulation ohne Herz, bloss in peripherischen Gefässnetzen, findet. Ich hielt mich also bei der Vergleichung der entdeckten Pflanzencirculation an die Analogieen mit der rein peripherischen Blutbewegung bei den herzlosen Würmern, ferner an die ganz ähnliche Bewegung im bebrüteten Hühnchen vor der Herzbildung, und an die relativ selbstständige Bewegung im peripherischen Blutsystem bei den mit Herzen versehenen Thieren, und nannte die Circulation bei den Pflanzen eine peripherische Circulation, deren Zweck übrigens sich mit dem der thierischen Circulation als identisch herausstellte. Doch legte man fälschlich überall die von Mariotte und de la Baisse gegebenen hypothetischen Darstellungen eines Kreislaufes bei den Pflanzen, der durch ein continuirliches Aufsteigen des Saftes in dem Holze und ein continuirliches Absteigen desselben in der Rinde gebildet sein sollte, als Maassstab für die Beurtheilung der neu entdeckten Kreislaufsbewegung zum Grunde, und forderte, dass ein wirklicher Kreislauf eine continuirliche zusammenhängende Bahn durch die ganze Pflanze beschreiben müsse. Man ging also mit ganz falschen Vorurtheilen an die wirkliche Erscheinung der Pflanzencirculation und wollte sie nicht gelten lassen, eben weil die vorhandenen Vorurtheile nicht darauf passten. Indessen bot sich wieder eine andere verwandte, auch mit dem Namen der Circulation belegte Erscheinung bei den Pflanzen selbst dar, nämlich die drehende Bewegung in den Schläuchen der Charen und anderer homorganischen Pflanzen, und so weit hielt ich es, um allen Missverständnissen vorzubeugen, für gut, die drehende Bewegung in den homorganischen Pflanzen mit dem Namen der Rotation; die Bewegung in den Gefässen der höheren Pflanzen aber mit dem Namen der Cyklose (des Kreisen's) zu belegen, womit dann allen Verwechselungen der verschiedenen thierischen und vegetativen Circulationsformen vorgebeugt war.

Wir stellten nunmehr das Gesammtbild der Cyklose in Zusammenhang mit den übrigen Functionen und organischen Systemen der Pflanzen dar (Die Natur der lebendigen Pflanze. 1ster Thl. das Leben des Individuums. Berlin 1823. 2ter Thl. die Fortpflanzung u. Ernährung. Stuttgart 1828). Ein wichtiges Erforderniss zur näheren Kenntniss der Cyklose war die Untersuchung der Gefässe, in denen sich der Lebenssaft bewegt. In dem Werk „über die Natur der lebendigen Pflanze" gab ich die ersten Andeutungen über die Organisation dieser Gefässe, die man früher nach Analogie der Harzcanäle zu den eigenen Gefässen *(vasa propria* Malpighi) gerechnet hatte, doch ohne aus wirklicher Beobachtung die mindeste Kenntniss ihres Baues zu haben, daher auch Treviranus und andere ihre Existenz ganz läugneten und anstatt ihrer die Intercellulargänge annahmen. Um allen Missverständnissen vorzubeugen, gab ich daher diesen Gefässen den Namen: Lebenssaftgefässe *(vasa laticis)* nach ihrem Inhalt, dem Lebenssaft *(latex)*, der aus dem Gemenge verschiedenartiger Dinge, die man unter dem Namen *succus proprius* begriff, gesondert werden musste. Die genauere Anatomie dieser Gefässe hat mich ausserordentliche Mühe gekostet; denn bei der Zartheit ihres Baues würde man ihre Existenz kaum vermuthen dürfen, wenn ihre Stelle nicht durch die Färbung ihres Inhalts sich oft verriethe. An dieser grossen Schwierigkeit der Untersuchung kann es auch nur liegen, dass sie so lange von den geschicktesten Beobachtern verkannt worden sind, und noch heute so mancherlei Widersprüche über ihre Beschaffenheit und besonders in den verschiedenen Zuständen und Lebensaltern auftauchen. In dem Werk „über die Natur der lebendigen Pflanze" indessen wurden die Hauptmomente ihrer Entwickelung angegeben, auch einige durch Maceration gesonderte Formen abgebildet. Jedoch gelang es mir erst später, durch sorgfältige Maceration der Pflanzentheile bei den Cichoraceen ganze Parthieen dieser Gefässe in zusammenhän-

genden Netzen, welche den ganzen Lauf der Bewegung des Saftes vorzeichnen, abzusondern, wodurch dann die völlige Uebereinstimmung der Stromnetze in der lebendigen Pflanze mit den anatomisch gesonderten Gefässnetzen erwiesen wurde. Diesen merkwürdigen und kaum geahnten Bau legte ich, durch Zeichnungen erläutert, nebst einer kurzen Darstellung der bisherigen Erfahrungen über die Cyklose überhaupt, im Jahre 1829 der Akademie der Wissenschaften zu Paris vor, bei deren Mitgliedern sie die lebhafteste Theilnahme erregte, um so mehr, als ich im Stande war, die sämmtlichen Beobachtungen über den Gang der Bewegung sowohl als über die Structur der aus den Pflanzen rein abgesonderten Gefässnetzen den Herren G. v. Cuvier, v. Mirbel, Desfontaines, Jussieu, H. Cassini, A. Richard, A. Brongniart und vielen Anderen in der Natur selbst vorzuzeigen, worüber dann die ernannten Commissarien der Akademie ihren bestätigenden Bericht abstatteten ***(Lettre sur la circulation des fluides dans les végétaux, addressée à l'Académie des sciences de Paris le 6. Septbr. 1829, par Mr. C. H. Schultz. Rapport fait à l'Académie des sciences dans sa séance du 27. Septembre 1830, sur les observations d'anatomie et de physiologie végétales, présentées à l'Académie, par Mr. Schultz; par MMr. H. de Cassini et Mirbel, rapporteurs.*** Abgedruckt in den ***Annales des sciences naturelles, par MMr. Audouin, Ad. Brongniart, Dumas. Paris 1831. p. 75—80,*** nebst 2 Tafeln, ***pl. I, II.)*** Herr v. Mirbel übernahm es, später in der Akademie zu Paris selbst die Beobachtungen über die Säfte-Cyklose gegen einige Bedenken und Einwendungen von Amici in Modena, die der Akademie unter'm 6. October 1830 mitgetheilt waren, und gegen die aus unvollständigen Beobachtungen herrührenden Einwürfe von Dutrochet, welche dieser in den Sitzungen vom 21. und 28. März 1831 der Akademie vortrug, zu verwahren und aus seinen eigenen Anschauungen in der Natur selbst die gemachten

Widersprüche zu erläutern (*Annales des sciences naturelles. 1831. T. XXII. p. 426—433*). Diese rege Theilnahme gab den mannigfach gehemmten weiteren Fortschritten der Sache eine glückliche frische Wendung, indem die Akademie der Wissenschaften zu Paris für das Jahr 1833 ihren grossen Preis für die physikalischen Wissenschaften auf die Beantwortung der Frage über die Organisation und die Allgemeinheit der von uns dargestellten Cyklose und des dazu gehörigen Gefässsystems setzte. Diese Preisaufgabe hatte für die Bearbeitung des Systems der Cyklose durch uns selbst eine doppelte Wirkung. Seit fast 10 Jahren hatten wir weitere Beobachtungen gesammelt und durch eine grosse Reihe von Zeichnungen aufbewahrt, in der Absicht, die empirischen Thatsachen im Ganzen der Literatur einzuverleiben. Eine Gelegenheit zur Veröffentlichung solcher Arbeit war uns bereits seit dem Jahre 1822 von dem Präsidenten der Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher Hrn. Dr. Nees v. Esenbeck, aus eigenem Antriebe angeboten worden, und wir würden sofort unsere Arbeit in dem Zustande, wie sie damals war, für die Acten der Leopoldinischen Akademie bestimmt haben, wenn nicht die Pariser Preisaufgabe uns veranlasst hätte, vorerst noch weiter zu arbeiten und dann der Akademie zu Paris unsere Arbeit zur Bewerbung einzusenden. Das Material hatte sich unterdessen so weit bereichert, dass wir mit Sicherheit die allgemeinen Resultate glaubten aussprechen zu dürfen, welche sich im Laufe unserer Beobachtungen über die Gesammtorganisation der Pflanzen unwidersprechlich ergeben hatten, und so kam es denn, dass wir eine auf diese Beobachtungen gegründete Anwendung der Beobachtungen über die innere Organisation der Pflanzen auf die Bildung eines natürlichen Pflanzensystems nach der inneren Organisation früher veröffentlichten, als die sämmtlichen Einzelheiten der Beobachtungen selbst. So erschien denn das „natürliche System des Pflanzenreichs nach der inneren Organisation,

Berlin 1832.“ Es liegt darin nicht die Idee zu Grunde, dass die Charaktere aller Abtheilungen des Pflanzenreichs nach Merkmalen, die nur aus Formen der inneren Organisation entnommen sind, gebildet werden sollen, sondern vielmehr, dass die innere Organisation die Entwickelung aller äusseren Formen an der Pflanze umfasst und regiert, und dass somit alle äusseren Charaktere nur allgemein Gültigkeit haben, wenn sie auf die innere Organisation bezogen werden, dass aber die innere Organisation selbst das höchste Eintheilungsprincip abgeben muss, eben weil nur sie allein alle besonderen äusseren Formen zusammengenommen und in höchster Einheit umfasst. Die Charaktere der äusseren Organe werden daher sämmtlich aus den Verhältnissen der inneren Organisation entwickelt und im organischen Zusammenhange darauf bezogen. In wie weit sich die Durchführung dieser Grundsätze allgemeinere Anerkennung verschafft hat und noch durch die nun vorliegende bildliche Anschauung der Verhältnisse der inneren Organisation, worauf es sich gründet, weiter verschaffen wird, können wir hier nicht betrachten. Genug, die Veröffentlichung der Einzelnheiten unserer Beobachtungen über das Gefässsystem der Cyklose ist durch die Mittheilung zur Bewerbung um den von der Akademie der Wissenschaften zu Paris ausgesetzten Preis um 9 Jahre verzögert worden, weil das von der Akademie mit dem Preise beehrte Werk erst im Jahre 1839 erscheinen konnte ***(Sur la circulation et les vaisseaux laticifères dans les plantes, par le Dr. C. H. Schultz, Prof. ord. à l'univers. de Berlin. Mémoire qui à remporté le grand prix de physique proposé par l'Académie royale des sciences de Paris pour l'année 1833. Avec 23 planches.*** Aus den ***Mémoires des savans étrangers*** besonders abgedruckt: ***Paris 1839 et à Berlin chez H. Hirschwald, Librairie médicale).*** Wir werden uns, was die dort mitgetheilten Einzelnheiten der Beobachtung aus den verschiedenen Familien betrifft, nunmehr auf dieses Werk hier beziehen können.

§ 28.

Wir dürfen die Mitwirkung jedoch nicht unerwähnt lassen, welche die Lehre von der Cyklose durch anderweitige Bestrebung erfahren hat. Grosses Interesse ist der Sache von Meyen gewidmet worden, dessen zu frühzeitigen Tod wir aufrichtig bedauern, weil er, wenn auch unter dem Schein der Opposition, der Sache genützt hat. Meyen hat nach unserm Vorgange zuerst die Lehre vom aufsteigenden und absteigenden Saft, wenn gleich stillschweigend und ohne ihre Widerlegung, aufgegeben, weil ihm die Erscheinung der Cyklose bessere Aussichten für den Gang der Functionen darbot. Er hat ferner, obgleich er sich für einen Gegner der Cyklose ausgab, dennoch ihre Existenz im Wesentlichen angenommen, den allgemeinen Unterschied der Functionen im Assimilationsprocesse und Bildungsprocesse, wie wir ihn zuerst aufgestellt, anerkannt, und den Bildungsprocess als eine Function des Zellgewebes betrachtet, auch die Secrete von dem Lebenssaft sehr wohl unterschieden (Meyen neues System der Pflanzenphysiologie, 2ter Bd. S.308). Die Beobachtung der Cyklose in lebenden Pflanzen selbst hatte Meyen wiederholt und bestätigt *(l. c. p.410)*, gegen die Einwürfe von Treviranus und dessen Lehre von den Intercellulargängen mit den triftigsten Gründen vertheidigt *(l. c. p.418)*, auch das Umkehren der Ströme in einander und die netzförmigen Anastomosen überhaupt, in den Blättern wenigstens, ganz richtig gesehen und beschrieben *(l. c. p.421, 423)*; aber sonderbar genug hat es ihm nicht gelingen wollen, die Anastomosen der Gefässe, auch nicht die früheren Entwickelungsstufen der ***vasa laticis contracta***, zu constatiren *(l. c. p.374, 377)*. Er nahm also keine Anastomosen der Gefässe, aber im Widerspruche hiermit dennoch die Anastomosen der Ströme an. Er sagte darüber, es bleibe daher (weil man nämlich die Ströme in Anastomosen sehe) wohl nichts weiter übrig, als einen wirklichen unmittelbaren Uebergang der zuführenden Ströme in die zurück-

führenden anzunehmen. Wo sollte der Saft herkommen, wenn er beständig in einer gewissen Richtung strömt, und wo sollte er bleiben, wenn er in anderen Gefässen beständig in entgegengesetzter Richtung verläuft, wenn man nicht annimmt, dass hier eine wirkliche Circulation in zuführenden und in zurückführenden Gefässen besteht, welche unter einander in Communikation stehen, frägt Meyen *(l. c. p. 424)*. Meyen gerieth nun in den sonderbarsten Widerspruch mit sich selbst, dass er eine Anastomose der Gefässe zwar theoretisch annehmen zu müssen glaubte, aber diese Anastomosen durch die Beobachtung gegen uns zu widerlegen bemüht war. Wir sehen auch in der That nicht, worin die wahre Opposition, wozu Meyen gegen unsere Beobachtungen immer den Schein annahm, besteht, als darin, dass er an jeder Beobachtung bei der Wiederholung bessern wollte, um sie in neuer Gestalt für etwas Eigenthümliches auszugeben, so dass Treviranus so weit ging, zu sagen, dass Meyen geradezu meine Ansichten als die seinigen vorgetragen habe (Physiologie der Gewächse. I. S. 148). Ein Vorurtheil scheint die naturgemässe Ansicht der Cyklose bei Meyen immer zu hindern, nämlich die Vorstellung von zuführenden und rückführenden Gefässen *(l. c. p. 424, 425)* nach der alten Hypothese vom aufsteigenden und absteigenden Saft; eine Vorstellung, die aber wegen der rein peripherischen Natur der Lebensgefässe durchaus nicht auf sie passt, wie wir weiterhin zeigen werden. Einigen Aufschluss hierüber gibt Meyen's Erklärung in seinem Jahrbericht von 1839 *(l. c. p. 128)*, wo er bei Anzeige unseres französischen Memoire's sagt, dass er bisher gar nicht gewusst habe, was wir unter *vasa laticis contracta* verstehen und erst durch das Memoire es erfahren habe. So hatte denn Meyen so viele Jahre mit gesprochen und gestritten, ohne recht zu wissen, wovon die Rede war. Die Vorstellung, welche sich Meyen nach der Ansicht von den zuführenden und zurückführenden Gefässen über den Zusammenhang der Cyklose in der ganzen

Pflanze bildete, war daher nicht völlig naturgemäss, weil die Selbstständigkeit der Thätigkeiten in den durch Knoten getrennten äusseren Pflanzentheilen dabei ganz unberücksichtigt blieb. Meyen beschreibt den Zusammenhang des Ganzen so: „Der Milchsaft steigt in einigen Hauptstämmen, welche in paralleler Richtung im Umfange des Stammes laufen, von den Wurzeln zu den Blättern, kreist daselbst in den unzähligen Verästelungen, und kehrt in den feinsten Verzweigungen wieder um, um alsdann wieder durch die Hauptäste zu den grösseren Gefässstämmen zu gelangen, welche im Stamme der Pflanzen verlaufen, und durch diese zur Wurzel zurückzukehren, wo er gleichfalls alle Verästelungen und Verzweigungen durchläuft, daselbst wieder Zulauf vom rohen Saft erhält und dann den Kreislauf von Neuem beginnt.“ Diese Angaben sollten auf wirklichen Beobachtungen beruhen, doch bleibt der Widerspruch dabei merkwürdig, dass Meyen hier von Verästelungen der Stämme in die feinsten Verzweigungen spricht, aber umgekehrt wieder die von uns als *vasa laticis contracta* dargestellten feinsten Verzweigungen der Lebenssaftgefässe gänzlich läugnete (Neues System der Pflanzenphysiologie. 2ter Bd. S. 419). Nach diesen Vorstellungen würde also der Uebergang des Holzsaftes (rohen Nahrungssaftes) in das System der Cyklose nicht in den Blättern, sondern schon in der Wurzel stattfinden müssen. Die Verarbeitung und Assimilation des Holzsaftes zu Lebenssaft würde also nicht durch den Respirations-Process vermittelt zu werden brauchen, sondern sogleich in der Wurzel selbst vollendet werden. Das Aufsteigen des rohen Holzsaftes zu den Blättern würde nicht stattfinden dürfen, im Gegentheile müsste der in den oberen Theilen befindliche Holzsaft mehr eine niedersteigende Bewegung nach der Wurzel haben, und die Masse des Lebenssaftes würde dagegen in einer mehr aufsteigenden Bewegung begriffen sein müssen, um die oberen Theile zu erreichen. Diese Annahmen indessen widersprechen sämmtlich den sonst bekannten Erscheinungen

des Vegetationsprocesses. Wir sehen nämlich den Holzsaft bei grösseren Pflanzen in einer überwiegend aufsteigenden Bewegung, dagegen den bildenden Lebenssaft in einer vorwaltend absteigenden Bewegung begriffen, ungeachtet der Holzsaft auch absteigend und der Lebenssaft gleichzeitig in aufsteigenden Richtungen der Ströme sich bewegt. Die Gesammterscheinungen sprechen sogar dafür, dass die markigen und knollenartigen Bildungen der Wurzeln nur durch den von den Blättern niedersteigenden Saft gebildet werden, während nach den Ansichten von Meyen die Bildungen an der Wurzel durch den hierselbst entstandenen Lebenssaft müssten entstehen können. Ausserdem aber widerspricht die Voraussetzung des von Meyen angegebenen Zusammenhanges der Ströme zu einem untheilbaren Ganzen von Gefässstämmen und Zweigen durch Wurzel, Stengel und Blätter der Pflanze, der Selbstständigkeit des Lebens jedes dieser Theile für sich, welche unmöglich wäre, wenn, wie in den Thieren, alle Glieder nur durch den Körper ihr unselbstständiges Bestehen hätten. Die Cyklose ist vielmehr selbstständig und relativ abgeschlossen in jedem äusseren Pflanzentheil; der Zusammenhang des Ganzen ist nur ein äusserlicher, durch die nach einander erfolgende Entwickelung der verschiedenen Theile bedingter, und nach dieser Entwickelung ganz verschieden bei verschiedenen Pflanzen, wie wir dieses weiterhin noch ausführlicher darstellen werden.

§ 29.

Link hat in den künstlerisch sehr schön ausgeführten Abbildungen zur Erläuterung der Grundlehren der Kräuterkunde (*Icones anatomico-botanicae, fasc. II. Berlin 1837. tab. 14. fig. 6—11*) einzelne Stückchen von Lebenssaftgefässen aus dem Schöllkraut ebenfalls einfach, ohne Aeste und ohne Anastomosen; ferner aus *Asclepias syriaca* zwar ästig, aber auch ohne Anastomosen darstellen lassen. Die Gefässe sind hier nicht im Zusammenhange bis zu den feineren

Verzweigungen verfolgt, wo sich die Anastomosen erst reichlicher finden.

Treviranus hat aus einigen Pflanzen die Lebenssaftgefässe unter dem Namen einfacher Secretionsgefässe beschrieben, ohne darüber Aufklärung zu geben, wie bei den Pflanzen die Gefässe dazu kommen sollten, Secretionsorgane zu werden. Er folgt vorzüglich J. J. P. Moldenhauer in Kiel, in Bezug auf ihren Bau, verwechselt aber diese Gefässe auch mit den im ganzen Bau verschiedenen Harzcanälen bei Nadelhölzern und deren Secretion (Physiologie d. Gewächse. I. S. 140). Auch hat Treviranus mancherlei Einwürfe gegen die Cyklose in den Pflanzen vorgebracht, die aber im Wesentlichen darauf beruhen, dass Treviranus die Haupterscheinungen der Cyklose aus eigener Beobachtung ganz und gar nicht zu kennen, und es ihm nie gelungen zu sein scheint, ihre Phänomene in der Natur selbst zu sehen, so dass er sie nur deshalb bestreitet, weil er, was Andere gesehen, nicht hat finden können.

Decandolle (Pflanzenphysiologie. 1ster Thl. S. 244) hat die Gründe zusammengestellt, welche mit Treviranus's Annahme dafür sprechen könnten, dass der Milchsaft nicht das Blut oder der Bildungssaft der Pflanze sei und welche wir kurz durchgehen wollen. Er sagt:

1) Komme der Milchsaft nicht bei allen, sondern nur bei wenigen Familien der Pflanzen vor, während der Bildungssaft eine allgemeine Flüssigkeit sein müsse. Dieser Einwurf wird sich durch die in unserem französischen Memoire mitgetheilten Beobachtungen erledigen *(sur la circulation dans les plantes p. 51)*. Der Milchsaft ist nur eine besondere Form des Lebenssaftes, der seine Farbe in den verschiedenen Theilen derselben Pflanzen, nicht minder in den verschiedenen Altern und bei verschiedenen Arten ändert, wie das rothe und weisse Blut der Thiere. Nicht bloss der Milchsaft ist Lebenssaft, sondern es gibt auch nichtmilchige Formen desselben. Daher sieht man sowohl den

milchigen als den nicht milchigen Lebenssaft circuliren (vergl. ebendas. ***nouvelles observations p. 107, 108).***

2) Der Milchsaft nähere sich durch seine chemische Beschaffenheit den gummiharzigen und ähnlichen Säften, so dass er von diesen nicht getrennt werden könne. Hierauf ist zu erwiedern, dass die Behauptung auf einer Verwechselung und Vermengung zweier Dinge beruht. Bei den Doldenpflanzen besonders strömt nämlich nach Verletzungen der Pflanzen ein Gemenge von Milchsaft und Balsam aus, das, eingetrocknet, das sogenannte Gummiharz bildet. Hieraus darf man nicht schliessen, dass der Milchsaft eine Analogie mit dem Harze habe. Im Gegentheil ist der Milchsaft von allen Secretionen, dem Gummi, den Balsamen, ätherischen Oelen, durch seine innere Organisation, Kügelchenbildung und Gerinnungsfähigkeit verschieden, welche bei keiner Secretion gefunden werden (Natur der lebendigen Pflanze. I. S. 537. ***Mémoire sur la circulation p. 50).***

3) Die Absonderungen im Thierreiche veranlassen auch Bewegungen der Flüssigkeiten, welche denen des Lebenssaftes entsprechen könnten. Hier werden wiederum ganz verschiedenartige Erscheinungen verwechselt. Die Bewegung der Secretion in den Secretionsorganen beruht einzig und allein auf einem Ausfliessen des Secretes aus den Secretionsgängen in einer und derselben Richtung. Der Lebenssaft aber circulirt in allen Richtungen in Gefässen, die von Secretionscanälen ganz verschieden gebaut sind, und zwar von selbst und nicht durch mechanische Wirkung oder durch Verletzung der Gefässe veranlasst, so dass im Gegentheil durch Verletzung der Gefässe die fernere Bewegung in ihnen aufgehoben wird.

4) Die Aehnlichkeit der Bewegung des Lebenssaftes mit den kreisförmigen in Zellen abgeschlossenen Bewegungen bei Zellenpflanzen soll zeigen, dass das Phänomen der Lebenssaftbewegung örtlicher sei, als die Bewegung des Bildungssaftes sein könne. Der Vergleich aber

zwischen beiden Bewegungen passt nicht; das eine ist die Rotation der homorganischen, das andere die Cyklose der heterorganischen Pflanzen. Beide haben nach Verschiedenheit der Organisation beider Pflanzenabtheilungen eine ganz verschiedene Bedeutung, wie wir hinreichend gezeigt haben (Natur der lebendigen Pflanze. 1. Band. S. 382. 2. Theil. S. 481). Die Rotation in den Schläuchen der homorganischen umschliesst den ganzen Lebenskreis und vereinigt alle Functionen in sich, die bei den höheren Pflanzen an verschiedenen Organen vertheilt sind, daher hier jeder Schlauch die ganze Pflanze repräsentirt, und sich reproduciren kann. Bei den mit einer Cyklose versehenen heterorganischen Pflanzen aber ist ausser der Cyklose und dem System der Lebenssaftgefässe noch das System von Assimilationsorganen vorhanden, so dass nur die Vereinigung dieser beiden Gefässsysteme, in Verbindung mit den Zellen, die Gesammtheit der Functionen ausübt. Hier repräsentirt nicht jede Zelle, sondern nur ein vollständiges, mit allen inneren Organen versehenes Glied der Pflanze, das Ganze, was sich zu ernähren und zu reproduciren fähig ist. Die Rotation bei homorganischen Pflanzen s c h e i n t darum nur örtlich zu sein, weil jeder Schlauch an seinem Ort die Totalität wiederholt, und die ganze Pflanze hier eine äussere Verbindung solcher Totalitäten, gleich den zusammengesetzten Gliedern der höheren Pflanzen ist. Die Rotation selbst ist daher schon in Wirklichkeit gar keine örtliche, sondern selbst eine allgemeine Erscheinung, die sich in allen Schläuchen der ganzen Pflanze wiederholt, und durchaus nicht auf einzelne Schläuche absolut beschränkt ist. Umgekehrt findet sich die relative Unabhängigkeit der Cyklose auch in den einzelnen Theilen der Glieder der heterorganischen Pflanzen, und der Zusammenhang der Gefässe in der ganzen Pflanze hat vielmehr den Schein eines völlig allgemeinen Zusammenhanges, der sich aber durch die Selbstständigkeit des Lebens in den einzelnen Gliedern hinreichend widerlegt. Hier liegen also

viele Missverständnisse und Vorurtheile zu Grunde; denn obgleich in der That die Rotation mit der Cyklose darin Aehnlichkeit hat, dass beide Lebensbewegungen von Säften sind, so zeigt sich doch zwischen beiden wieder eine eben so grosse Verschiedenheit, und die Aehnlichkeiten beweisen nicht, dass die Lebenssaftbewegungen örtlich und darum keine Lebensbewegungen seien.

5) Der Bildungssaft müsse sich in allen weiter fortwachsenden Organen vorfinden, der Lebenssaft aber fehle gewöhnlich in denen Holzkörpern, wo die Rinde am reichlichsten damit versehen sei. Hier sind die Thatsachen und die Folgerungen nicht richtig. Das junge Holz, wie wir seit dem Anbeginn der Entdeckung gesagt und bereits in der ersten Schrift (Ueber den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut) beschrieben haben, besitzt allerdings zwischen den Spiralgefässen und Zellen verbreitete Lebenssaftgefässe. Auch Link hat die zwischen Spiralgefässen verlaufenden Lebenssaftgefässe (***Icones tab. XIV. fig. 6***) abgebildet. Der alte Holzkörper der Bäume aber ist ein fertiges Gebilde, das nicht mehr fortwächst, wie Decandolle hier anzunehmen scheint, in welchem daher die Lebenssaftgefässe obliteriren, obgleich gar nicht ewiesen ist, dass nicht auch hier noch Spuren von Lebenssaft vorkommen. Dass der Lebenssaft in der Rinde so reichlich erscheint, hat denselben Grund, warum der Holzsaft im Holze reichlich erscheint, nämlich weil in der Rinde der Heerd des ganzen Systems der Cyklose ist, von wo aus sich in alle Theile der Lebenssaft verbreitet (Natur der lebendigen Pflanze. I. S. 570).

6) Widerspreche die gewöhnlich scharfe und ätzende Beschaffenheit des Milchsaftes der allgemeinen Vorstellung, die wir uns von einem annäherungsfähigen Bildungssaft machen. Hierauf ist zu bemerken, dass der Lebenssaft, wie er rein für sich ausfliesst, nicht scharf und ätzend ist, ja bei vielen Pflanzen als Pflanzenmilch zur Nahrung dient. Das Aetzende rührt nur von der Beimischung harziger Secretio-

nen her, die bei den Euphorbiaceen, Asklepiadeen und anderen Pflanzen mit dem Milchsafte aus den gleichzeitig verletzten Secretionsorganen und Zellen ausfliessen. Die scharfe Beschaffenheit für thierische Organe wäre aber auch gar kein Beweis, dass der Saft auch auf die Pflanzen selbst scharf wirke, denn auch die schärfsten Säfte der Pflanzen finden sich in ihnen im Zustande völliger Gesundheit. Das eine grosse Factum, dass nur der Lebenssaft die bewunderungswürdige Lebensthätigkeit der selbstständigen Bewegung und die innere Organisation zeigt, schlägt alle hypothetischen Einwendungen dagegen zu Boden.

7) Man sehe in einigen Fällen, unter andern bei'm Mohn, den Milchsaft reichlich aus der Fruchthülle ausfliessen, welche oberhalb der Blätter befindlich sei, und nicht für geeignet gehalten werden könne, einen Bildungssaft darzubieten. Schon der kenntnissreiche Uebersetzer von Decandolle's Schrift, Röper, bemerkt hierzu sehr richtig, dass die Fruchthüllen als blattartige Organe auch geeignet sein müssten, gleich den Blättern, Nahrungssaft zu assimiliren und ihn in Lebenssaft umzuwandeln (*l. c. p. 245*). Indessen, wäre auch dieses gar nicht der Fall, so verbreitet sich ja der Lebenssaft durch sein Kreisen von dem Heerde aus in alle Theile der ganzen Pflanze nach oben und nach unten, und es ist kein Theil der Pflanze, die Blumenblätter, Staubfäden, selbst die Saamen und die Embryonen nicht ausgenommen, wohin der Lebenssaft in entsprechender Menge nicht eben so gut, wie das Blut der Thiere in alle Organe, sich verbreitet. Morren hat das Kreisen zuerst im Ei der Feige gesehen.

8) Sollen nach Meyen in den jungen Pflanzen keine Lebenssaftgefässe vorhanden sein, während es von dem Wesen des Bildungssaftes unzertrennlich scheine, dass er in allen Lebensaltern vorkomme. Dass diese Beobachtung unrichtig ist, bemerkt ebenfalls schon Röper, indem er sagt, dass die jungen Keimpflanzen von ***Euphorbia platy-***

phyllos schon, wenn die Cotyledonen noch in ihren Saamenhäuten stecken, anfangen, einen halbdurchsichtigen Milchsaft fliessen zu lassen (***Enumeratio Euphorbiarum p. 15. tab. 1. fig. 55***). Hierbei ist jedoch zu erinnern, dass der Lebenssaft in den verschiedenen Lebensaltern der jüngeren und älteren Triebe Veränderungen von ganz farbloser Beschaffenheit bis zur Trübung von Milchsaft in allen Abstufungen zeigt, die allmälig in einander übergehen (vergl. ***Mém. sur la circulation dans les plantes p. 55***); daher ist auch in den ganz jungen Trieben der Doldenpflanzen und der Feigenbäume der Lebenssaft noch fast durchscheinend und kaum milchig zu nennen, die concentrirte Farbe nimmt er erst später in den älteren Trieben an. Man kann also sagen, dass in Wahrheit die Pflanzen in allen Lebensaltern mit Lebenssaft versehen sind, wenn dieser auch nicht immer eine Milchfarbe besitzt.

Somit sehen wir denn, dass die Einwürfe von Decandolle vielmehr auf Missverständnissen und Vorurtheilen, die noch aus der alten Hypothese vom auf- und absteigenden Saft herrühren, als auf wirklich widersprechenden Erscheinungen beruhen. Die nähere Betrachtung und natürliche Aufklärung dieser Einwürfe dient daher mehr dazu, die Wahrheit der Cyklose zu beweisen, als sie zu widerlegen, und in der That hat Decandolle selbst schon eine Reihe von Gegengründen gegen seine eigenen Einwürfe aufgestellt, welche dieselben allein schon aufzuklären im Stande wären (***Physiol. végétale. T. I. p. 270***).

§ 30.

Ein Irrthum in der Vergleichung der Rotation bei den homorganischen Pflanzen mit andern Erscheinungen, die zur Cyklose der heterorganischen Pflanzen gehören, der auch Decandolle und Meyen zu naturwidrigen Ansichten verleitet hat, ist von einem englischen Beobachter, Slack, ausgegangen (***Transact. of the soc. for the encouragement of arts, manufacts and commerce. Vol. 49. Lond. 1833,***

übersetzt von Beilschmied in d. Flora 1834. 1.Bd. Beiblätter. S.31). Slack scheint mehr Physiker als Physiolog zu sein, und gab seine Abhandlung unter der Rubrik: Verbesserung des Mikroskops. Er vergleicht die verschiedenartigsten Dinge untereinander, und will namentlich überall die Metamorphose der Zellen in Gefässe nachweisen, ohne jedoch den verzweigten und anastomosirenden Bau der Lebenssaftgefässe zu erkennen. So vergleicht denn auch Slack die zuerst von R. Brown in den Haaren von ***Tradescantia virginica*** gesehenen Saftströmungen mit der Rotation in den Schläuchen der Charen, und glaubt, dass sie sich innerhalb jeder Zelle abschliessen. Diesem Irrthum sind auch andere, namentlich Meyen, gefolgt, indessen werden die darüber von uns der Akademie der Wissenschaften zu Paris mitgetheilten neuen Beobachtungen die Sache hinreichend aufgeklärt haben (***Mém. sur la circulation. nouv. obs. p.105***). Die Bewegung im Zellgewebe der heterorganischen Pflanzen ist nämlich in netzförmig anastomosirenden Strömen, wie die Cyklose überhaupt, nur dass sie die feinsten Verzweigungen bilden, und man sieht diese Ströme in den Haarzellen bei den mit Milchsaft versehenen Campanulaceen deutlich aus den Lebenssaftgefässen des Stammes entstehen, daher die Haare auch denselben Milchsaft bei Verwundungen ausfliessen lassen, wie alle übrigen Theile der Pflanze. Meyen hat zwar später behauptet, dass der kreisende Saft in den Haaren der Campanulaceen kein Milchsaft, sondern von anderer schleimiger Beschaffenheit sei (Jahrbericht über die Arbeiten im Felde der physiologischen Botanik. Berlin 1839. S.77); indessen ist die Sache so unzweifelhaft, dass die einfachste Ansicht uns von der Anwesenheit des Milchsaftes in den Haaren der genannten Pflanzen überzeugen muss. Meyen führt noch zum Beweise, dass die kreisenden Strömungen in den Haaren nicht zur Cyklose, sondern zur Rotation gehören sollen, an, dass sie in den gesonderten Gliederzellen der Haare von ***Tradescantia*** fortdauern.

Dies ist aber hier nicht anders, wie, gemäss der relativen Selbstständigkeit des Lebens, in jedem andern Pflanzengliede der Fall, und selbst in abgeschnittenen Rindenlamellen oder gespaltenen Nebenblättern dauert die Cyklose noch sehr lange fort.

In Italien hat Savi die Beobachtung der Cyklose bestätigt (***Nuovo giornale de'Letterati. Jan. Febr. 1825***), auch dessen Sohn Pietro Savi (Adjunct für den Lehrstuhl der Botanik zu Pisa) hat mehrere eigenthümliche Beobachtungen darüber bei ***Ficus elastica, F. nitida, F. religiosa, Alisma Plantago*** mitgetheilt (***Nuovo giornale de'Letterati di Pisa. An. 1831. n. 58***). Er hält sich gegen die von Amici behauptete Ansicht, dass die Cyklose allein durch die Wärme erregt werde, überzeugt, dass die Bewegung eine selbstständige Thätigkeit der Pflanze sei.

In Portugal sind die Beobachtungen über die Cyklose wiederholt worden durch da Fonseca Benevides, der die Erscheinungen in einer neuen Bearbeitung des Compendium's der Botanik von Brotero beschreibt (***Compendio de Botanica do Doutor Felix de Avellar Brotero, addicionado por Ant. Alb. da Fonseca Benevides. Lisboa 1837. T. I. p. 208***). Fonseca beschreibt die Cyklose in den Blättern und Nebenblättern von ***Ficus elastica*** und bemerkt, dass das Strömen des Saftes leicht an den Kügelchen bemerkt werde, die in der Flüssigkeit des Lebenssaftes schwimmen.

Einen wichtigen Beitrag erhielt die Kenntniss der Cyklose durch die Beobachtung von Morren in Lüttich, der die Bewegung in den Blüthenböden, den Blumen und dem Saamen bei'm Feigenbaum beobachtete. Wir hatten bereits im Jahre 1832 in der Schrift über den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut (S. 9—17, 23—29) die Cyklose in den Kelchblättern, den Blumenblättern, den Staubfäden und in mehreren Theilen der Frucht verschiedener Pflanzen beschrieben, doch eignet sich die Beschaffenheit der Saamen dieser Pflanzen nicht wohl

dazu, die Cyklose deutlich zu zeigen. Es war daher ein glücklicher Einfall, dass Prof. Morren zur Untersuchung der Cyklose im Ei die Blüthenböden des Feigenbaums wählte, deren Blumen und Früchte, im Innern des fleischigen Blüthenbodens eingeschlossen, vor der directen Einwirkung von Luft und Licht geschützt, bei einer dauernden Lebensfrische eine fast farblose Durchsichtigkeit behalten, wodurch die Beobachtung sehr erleichtert wird, so dass es Herrn Morren möglich ward, die Cyklose in derselben Form, wie sie sich auch in den übrigen Pflanzentheilen zeigt, im Saamenei zu entdecken. Diese Entdeckung behält ihren Werth, obgleich in Betracht des Vergleichs der Rotation und der Cyklose, so wie deren Benennungen, sich hier einige Missverständnisse finden, welche sich nach den in unserem französischen Memoire gegebenen Einzelheiten leicht aufklären werden. Herr Morren benennt nämlich das Kreisen in den Lebenssaftgefässen bei dem Feigenbaum: Circulation; die Rotation in den Schläuchen der homorganischen Pflanzen aber, die auch von ihm irrigerweise nach Slack mit feinen Strömen der Cyklose in den Haaren heterorganischer Pflanzen zusammengestellt wird: Cyklose. Dieser Irrthum ist durch die Unbekanntschaft mit den Formen von Lebenssaftgefässen im Zustande jugendlicher Contraction *(vasa laticis contracta)* entstanden, weil die Feinheit der Ströme in diesen Gefässen das Ansehen verursacht, als ob der Saft ohne Gefässe, wie bei der Rotation, in Zellen freiströmte. Morren macht es hier also umgekehrt, wie Slack und Meyen: er zieht nämlich nicht die Cyklose in den Zellen zur Rotation, sondern rechnet im Gegentheil die Rotation mit zur Cyklose in den Zellen, unterscheidet dann aber wieder die Bewegung in den grösseren Lebenssaftgefässen unter dem Namen Circulation. Wir möchten nun wohl verhüten, dass durch solche Namensverwechselungen neue Schwierigkeiten des Verständnisses der Erscheinung entständen. Auch die Benennung: *vasa opophora,* welche Morren

nach Link's Vorgange als Synonym mit ***vasa laticifera*** gebraucht, könnte Anlass zu neueren Irrungen geben; denn abgesehen davon, dass einmal der von uns gewählte Namen: ***vasa laticifera*** gebräuchlicher ist, so werden von Link die unter dem Namen ***vasa propria*** früher vereinigten verschiedenen Organe, nämlich die Secretionscanäle des Harzes, des Gummi, und die Formen der Lebenssaftgefässe, welche Milchsaft führen, zusammen begriffen (Grundlehren der Kräuterkunde. 1837. 1.Thl. S.196). Man würde also durch solche Namensverwechselungen immer wieder sich in die alten Irrthümer verlieren, und wir müssen also den Namen: ***vasa laticifera*** für die wahren Lebenssaftgefässe in allen Altersverschiedenheiten und Formen beibehalten, mag nun der in ihnen enthaltene Lebenssaft milchig sein oder nicht. Es gehören also die von Morren bei'm Feigenbaum unter dem Namen Circulation beschriebenen Strömungen eben sowohl zur Cyklose, als die netzförmig kreisenden Ströme in den Zellen der Haare. Mit Vergnügen sehe ich, dass es Morren gelungen ist, aus den Blumenböden der Feigen die Lebenssaftgefässe völlig isolirt herauszupräpariren, und so auch hier alle Zweifel über die Existenz wahrer Gefässe, zugleich mit den Hypothesen über den Lauf des Saftes in Intercellulargängen, gänzlich zu beseitigen. Die Präparation der Gefässe ist bisher einer der schwierigsten Puncte in der Lehre von der Cyklose gewesen, und ich habe sowohl in Paris als auch in London, den Naturforschern die kleinsten Details der Präparationsart zu zeigen nöthig gehabt, um ihnen die eigenen Beobachtungen möglich zu machen, weshalb es sehr richtig ist, dass Prof. Morren auf eigene Weise, ohne Maceration, mit Hülfe von Nadeln und durch Verschiebung der präparirten Theile zwischen dem Compressorium, die Gefässe völlig rein ausprärarirt hat, so dass die völlig unverletzte durchsichtige Membran der Gefässe, den Lebenssaft eingeschlossen haltend, nackt und ohne alles anhängende Zellgewebe frei liegt. Ich muss

hierbei jedoch bemerken, dass in den ganz reifen Feigen das Zellgewebe sich in einem so aufgelösten Zustande, wie nach der Maceration, befindet, und dass diese sich vorzüglich zur Untersuchung der Gefässe eignen. Nach Morren bilden die Lebenssaftgefässe in den fleischigen Blumenböden der Feigen ein durchsichtiges Netz mit sehr zahlreichen Anastomosen, von denen Zweige in die Blüthenstiele übergehen. An dem Uebergange zu dem Blüthenapparat zeigen die Gefässe eine eigenthümliche Beschaffenheit. Die Maschen des Gefässnetzes sind nämlich in den Blüthenböden geradlinig in die Länge gezogen, dagegen werden die Gefässe mannigfach gewunden und gekrümmt, sobald sie in den Blüthenapparat übergehen. Die Saftströme sah Morren in dem Blüthenstiel zu den Seiten der Spiralgefässe verlaufen. Die Stromcanäle erschienen rund, obgleich die Zwischenräume des lockeren Zellgewebes eckig sind. Die Perigonialblätter, welche sich zur Seite des Fruchtknotens ablösen, zeigen keine Spiralgefässbündel, und enthalten die kreisenden Saftströme bloss im Zellgewebe verbreitet, was Morren sehr richtig als einen Grund dafür ansieht, dass die Lebenssaftgefässe eine dem Blut der Thiere analoge Flüssigkeit zuführen, um die Theile zu ernähren, in welchen sie sich ausbreiten; denn wären die Spiralgefässe die Nahrungssaft zuführenden Organe, so würden sie nie fehlen. Herr Morren hatte geglaubt, es sei meine Ansicht, dass die Lebenssaftgefässe immer nur die Spiralgefässbündel begleiten, und hielt seine Beobachtung für abweichend von den meinigen. Indessen habe ich bereits in der Schrift: Natur der lebendigen Pflanze. (Thl. I. S. 521, 575, 585, 591), die Sache so dargestellt, dass sich die Lebenssaftgefässe der Lage und Verbreitung nach in zwei Abtheilungen trennen. Die eine dieser Abtheilungen habe ich den Heerd der Cyklose genannt, wo die Lebenssaftgefässe bündelweise oder schichtenweise vereinigt sind, und nur diese liegen immer neben den Spiralgefässbündeln oder um die Holzringe. Von diesem Heerde der

Cyklose aus verbreitet sich der Lebenssaft durch isolirt verlaufende Gefässe in alle Pflanzentheile: in das Zellgewebe des Markes und der äusseren Rinde, in das Holz, und diese isolirten Gefässe, welche ich aus dem Mark von ***Ficus populifolia*** Taf. 4. Bd. I. der Natur der lebendigen Pflanze abgebildet habe, bilden die andere Abtheilung der Lebenssaftgefässe. Auch auf der Kupfertafel zu der Schrift „über den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut" habe ich die isolirten Ströme in den Schotenklappen und den Kelchblättern abgebildet. Es kann also als eine Bürgschaft für die Wahrheit der Beobachtungen angesehen werden, dass Morren, ohne meine Beobachtungen zu kennen, zu denselben Resultaten mit mir gelangt ist. Im Ovarium theilt sich das Gefässbündel des Blumenstiels bei der Feige in zwei Theile, von denen sich der eine in der Fruchthülle verbreitet, der andere durch den Saamenstiel zum Saamen übergeht. Letzteres Bündel ist am reichsten an Lebenssaftgefässen. In den Narben der Blumen konnte Morren keine Strömungen erkennen, indem diese sogleich nach der Befruchtung hinwelken und absterben. Diese Beobachtungen können wir indessen ergänzen, indem Morren nur reifere Feigen untersucht zu haben scheint, wir aber in den jüngeren Feigen bei starker Vergrösserung in äusserst feinen Strömen, wie sie sich in den Zellen anderer Pflanzen finden, das Kreisen bis in die Narbenpapillen, ähnlich wie bei den Campanula-Arten, verfolgt haben. Dagegen sah schon Morren die Lebenssaftgefässe vom Saamenstiel aus durch den Nabel weiter in die Saamenhäute übergehen und sich in der Testa und den übrigen Hüllen ausbreiten, welche den Embryo umgeben ***(Notice sur la circulation observée dans l'ovule, la fleur, et le phoranthe du figuier; par Ch. Morren, Prof. ord. de bot. à l'Univ. de Liège, Membre de l'Acad. Royale de Bruxelles. Extrait du tom. IV. n. 12 des Bull. de l'Acad. Roy. de Bruxelles. Bruxelles 1838,*** mit einer lith. Tafel).

Zweiter Abschnitt.

Der Lebenssaft *(latex plantarum)*.

§ 31.

Zwei Dinge sind es vorzüglich, die den Lebenssaft auszeichnen: seine innere Organisation und seine Gerinnungsfähigkeit, welche als Aeusserung seiner Plasticität erscheint. Diese müssen wir vor allen hervorheben, weil sich der Lebenssaft dadurch von allen übrigen Flüssigkeiten der Pflanzen unterscheidet.

Der Zustand unserer Kenntnisse des Lebenssaftes der Pflanzen ist bisher sehr lückenhaft gewesen und hat in wenigen unzusammenhängenden Beobachtungen über diejenigen Milchsäfte bestanden, welche in der Lehre vom sogenannten eigenen Saft nach Malpighi verflochten gewesen sind. Aus diesem Gemenge mussten diejenigen Flüssigkeiten, welche zum Lebenssaft gehören, zuerst gesondert werden, ehe eine physiologische Charakteristik des Lebenssaftes überhaupt möglich war, wie wir diese Trennung bereits früher versucht haben (Natur der lebendigen Pflanze. I. S. 526), so dass solche durch umfassendere Darstellung der Einzelnheiten hier nur noch weiter auszuführen ist. Von denjenigen Flüssigkeiten, welche früher unter dem Namen *succus proprius* begriffen wurden, scheiden wir hier diejenigen, welche keine innere Organisation besitzen, sondern gleichförmige, klare chemische Auflösungen bilden, und welche sämmtlich zu den Secretionen gehören, die nicht in Gefässen, sondern in besonderen Zellenhölen eingeschlossen sind. Dahin gehören: die Balsame, die ätherischen und fetten Oele, das Gummi. Die Milchsäfte hingegen, welche ebenfalls zu den eigenen Säften gerechnet wurden, besitzen

eine innere Organisation und Gerinnungsfähigkeit, auch eine sehr zusammengesetzte Stoffbildung und gehören zum Lebenssaft. Eine ähnliche Organisation, wie die Milchsäfte, besitzen aber auch die nicht milchigen Formen des Lebenssaftes, und die Milchsäfte bilden also nur einen Theil der Lebenssaftformen, welche in dem Lebenssaftgefässsystem aller Pflanzen vorhanden sind. Der Lebenssaft ist also von äusserem Ansehen bald milchig und verschiedenartig gefärbt, bald aber auch ist sein Ansehen farblos, doch immer mehr oder weniger durch die in ihm enthaltenen Kügelchen getrübt.

§ 32.

Es finden sich alle Uebergangsstufen und Mittelbildungen zwischen der stärksten Milchfarbe und der völligen Farblosigkeit im äusseren Ansehen des Lebenssaftes. Dieser Uebergang zeigt sich:

1) An verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze. So ist bei ***Sambucus Ebulus*** der Lebenssaft der Wurzel milchig, im Stengel und den Blättern durchscheinend trübe. Bei ***Morus nigra*** und ***Acer platanoides*** zeigen die jüngsten Triebe der Wurzel und des Stammes milchigen Lebenssaft, im Stamme dieser Pflanzen ist er nicht milchig. Die Wurzel von ***Ficus Ampelas*** Burm. milcht wenig oder gar nicht (***Rumph. herb. amb. T. IV. tab. 65***). Die Früchte der Mammillarien haben einen so blass gefärbten Lebenssaft, dass man ihn nicht für Milchsaft hält; die Stämme strotzen von Milchsaft. ***Willughbeia pubescens*** Mart. hat eine nur im jungen Zustande milchende Rinde, während bei anderen Tropenpflanzen auch die alten Stämme Milchsaft enthalten (Martius Reise. II. S. 789).

2) In den verschiedenen Vegetationsperioden. Die keimenden Pflanzen der Euphorbien, Campanula-Arten, der Sonchus- und Cichorium-Arten, des Salats u. s. w. zeigen anfangs entweder einen ganz farbelosen oder doch so blass gefärbten Milchsaft, dass man ihn nicht für Miclhsaft hält. Die völlige Milchfarbe bildet sich erst in den erwachsenen

Pflanzen aus, am stärksten bei'm Salat, wenn die Pflanzen dem hellen Licht ausgesetzt sind und recht grüne Blätter haben; die im Finstern aufwachsenden und mit gebleichten Blättern versehenen zeigen keinen milchigen Lebenssaft. Die jungen Früchte der Feigenbäume und des Melonenbaumes (***Carica microcarpa***) strotzen von Milchsaft, während in den reifen Früchten die Farbe verschwindet.

3) Bei verschiedenen Arten einer Gattung oder Familie. Unter den Cichoraceen finden sich einige, wie die Sonchus- und Lactuca-Arten, welche von Milchsaft strotzen. Bei den Hieracium- und Crepis-Arten ist die Farbe des Saftes so blass, dass man nur mit Aufmerksamkeit die milchige Trübung unterscheidet.

4) Bei denselben Pflanzen in verschiedenen Klimaten. Die Stämme älterer Feigenbäume (***Ficus elastica, F. Carica***) zeigen in unserem Klima keinen Milchsaft. Dagegen liefert der Stamm von ***Ficus elastica*** in Indien eine so grosse Menge desselben, dass man Cautschuk daraus bereitet. Die Cactus-Arten, ***Caladium esculentum*** etc. zeigen in den Tropen eine Fülle von Milchsaft, der sich in unserem Klima mehr oder weniger verliert. Die tropischen Cucurbitaceen milchen stark, während man in unseren Klimaten nur sparsam den Milchsaft bei ihnen findet. Ob aber der Milchsaft in Tropengegenden überhaupt verhältnissmässig reichlicher aus den Pflanzen fliesst, als bei einheimischen Pflanzen, scheint sehr zu bezweifeln. Die grössere Menge, welche man in Tropengegenden sammeln kann, scheint vielmehr allein durch die colossale Grösse der den Milchsaft enthaltenden Pflanzen bedingt. K. Porter beschreibt den Kuhbaum als von solcher majestätischen Grösse, dass sein nackter Stamm unterhalb der Krone 60 Fuss hoch und unten gegen 20 Fuss im Umfange dick ist. Dieser Stamm treibt oben eine noch 40 Fuss hohe Krone mit ungeheuern 25 Fuss vom Stamme abstehenden Zweigen, die mit mehr als Fuss langen und 4 Zoll breiten, lederartig glänzenden Blättern belaubt sind.

Und Porter sagt, dass es in Höhe und Dicke noch grössere Stämme gabe. Wenn in die Rinde eines solchen Baumes ein bis auf das Holz durchdringender pfeilförmiger Einschnitt gemacht war, so trieb aus diesem in Zeit von einer Viertelstunde so viel Saft, dass eine Flasche davon angefüllt wurde, und dasselbe geschah in derselben Zeit bei einem anderen Baume (Brewster ***Phil. Mag. Vol. XI. p. 455***). Man darf hiernach vermuthen, dass ein solcher majestätischer Baum aus einem Einschnitt doch nicht mehr als eine Flasche (Porter sagt nicht, wie gross diese war, doch wahrscheinlich nur von ¾—1 Quart Inhalt) Milchsaft lieferte. Auch ***Siphonia elastica*** ist ein 60 Fuss hoher Baum, und nicht minder ist ***Lobelia Cautschuc*** baumartig. Die grössere Menge Milchsaft, welche man von diesen Pflanzen erhalten kann, scheint also nicht, oder doch nicht allein, in einem verhältnissmässig grösseren Reichthum an Saft, sondern vielmehr in der Grösse der Pflanzen begründet zu sein, deren bedeutendere Menge und Ausbreitung der Gefässe einen stärkeren Zufluss des Saftes von allen Theilen nach der Wunde hin möglich macht. Denn durch solche Wunden wird der Saft aus entfernten Theilen abgeleitet, wie man bei den fleischigen Euphorbien besonders deutlich sieht. Martius sah, dass ein grosser ***Oassacú,*** mit dessen Milchsaft die Indianer am Maranhon die Fische betäuben, aus einer in den Stamm gehauenen Spalte in drei Stunden etwa zwei Flaschen Milchsaft lieferte (Reise in Brasilien. 3. S. 1063).

5) Auch Witterung, Jahreszeit und Tageszeit haben einen grossen Einfluss auf die Beschaffenheit des Milchsaftes. Der Saft ist bei grosser Hitze zähe, kleberig, sehr dickflüssig, bei Regenwetter weit dünnflüssiger und durchscheinender, besonders bei ***Asclepias syriaca, Ascl. Vinctoxicum, Sonchus oleraceus, Ficus Carica.*** Ja man findet ihn viel milchiger in trockner Mittagshitze, als am Abend. Eine einzige Stunde reicht hin, solche Veränderungen in dem Saft der lebendigen Pflanze zu erzeugen. Die dicke Consistenz des Milchsaftes vom

Kuhbaum, den Herr E. Otto aus Caraccas gesandt hatte, liess schon vermuthen, dass er in der trockenen Jahreszeit gesammelt war.

Die Ursache der Verschiedenheit der Trübung und der Milchfarbe des Lebenssaftes finde ich in der grösseren oder geringeren Menge der in dem Saft enthaltenen Kügelchen. In dem farblosen Lebenssaft finden sich die Kügelchen nur sehr sparsam; aber ihre Menge nimmt zu, je stärker die Milchfarbe hervortritt, und nimmt später, wie in den reifen Feigenfrüchten und den Früchten von ***Carica microcarpa*** (im hiesigen botanischen Garten) wieder ab, in dem Maasse, als die Milchfarbe schwindet. Ganz ähnlich finde ich auch in den keimenden Pflanzen von Cichorium und von Salat nur sehr wenige Kügelchen im Safte zerstreut. Die verhältnissmässige Menge der Kügelchen in dem Milchsaft kann sich auf zwiefache Art ändern, einmal nämlich durch Zunahme oder Abnahme der Kügelchenzahl bei gleichbleibender Menge des Plasma's, dann aber durch Zunahme oder Abnahme des Plasma's bei gleicher Kügelchenmenge. Die Abnahme der Kügelchenmenge in den reifen Früchten scheint durch den Verbrauch und die Auflösung der Kügelchen, ohne dass neue nachgebildet werden, zu entstehen; die geringe Menge der Kügelchen in den jüngeren Pflanzentheilen durch die grössere Wässrigkeit des Saftplasma bedingt, während die Zunahme der Kügelchen in der ausgebildeten Pflanze auf einer schnelleren Entstehung neuer Kügelchen durch Assimilation von Holzsaft zu beruhen scheint. Auch die erhöhte Absorption von Feuchtigkeiten bei feuchter Luft und Regenwetter, so wie die verstärkte Ausdünstung in trockener Mittagshitze bringen solche Veränderung hervor. Alle ungefärbten Lebenssäfte der nicht milchenden Pflanzen zeigen nur wenige zerstreute Kügelchen, z. B. der Kohl (***Brassica oleracea***), die Pisangfrucht (***Musa paradisiaca***).

Wir müssen aber hier einer Färbung des Milchsafts gedenken, die nicht von den Saftkügelchen herrührt. Diese zeigt sich bei den

gelb und orange gefärbten Lebenssäften von ***Chelidonium, Sanguinaria, Bocconia,*** wo die Kügelchen farblos sind und die Farbe von der Flüssigkeit (dem Plasma) herrührt, worin sie schwimmen. Auch wenn die Lebenssäfte sich nach dem Ausfliessen an der Luft färben, wie bei'm Mohn, ***Caladium esculentum,*** entsteht diese Farbenänderung immer durch das Plasma, nicht durch die Kügelchen. So färbt sich das Plasma von ***Musa paradisiaca*** braun, die Milch des Kuhbaumes rosafarben an der Luft.

1. Organisation des Lebenssaftes. Die Kügelchen.

§ 33.

Durch's Mikroskop betrachtet, unterscheidet man an dem Lebenssaft die Kügelchen, welche in einer meist farblosen Flüssigkeit schwimmen. Wir werden die Flüssigkeit mit dem Namen des Plasma belegen, weil sich aus ihr, wie bei'm Blute der Thiere, die plastischen Bildungen erzeugen. Wir betrachten zuerst die Kügelchen. Man kann sie im Allgemeinen den Lymphkügelchen der Thiere vergleichen, denn selten zeigen sie eine entschiedene Blasenbildung, in den meisten Fällen sind sie dicht. Der Lebenssaft der Pflanze scheint also immer auf der niederen Entwickelungsstufe stehen zu bleiben, die der Chylus der Thiere zeigt. Unsere Kenntnisse über die Kügelchen des Lebenssaftes waren bisher sehr beschränkt. Fontana (Ueber das Viperngift. S.56) entdeckte sie im Milchsafte von ***Rhus Toxicodendron.*** Auch hatte sie Leeuwenhoek gesehen ***(Epist. physiol. L. B. 1685. p. 20).*** Später beobachtete sie Rafn (Entwurf einer Pflanzenphysiologie. Aus dem Dänischen von Markussen. Leipz. 1798. S.88) bei den Euphorbien, wo er auch die länglichen Formen unterschied, die er mit dem Namen Prismen belegte. Rafn hielt schon dafür, dass dergleichen Kügelchen in den Säften aller Pflanzen sich finden möchten; allein da er den ganz wasserhellen Holzsaft der Bäume, und auch die gestaltlosen secernirten Flüssigkeiten: die ätherischen Oele, die Balsame u. s. w. auf

dem damaligen Standpuncte der Wissenschaft noch nicht von den Milchsäften unterscheiden konnte, so blieben seine Beobachtungen ohne Zusammenhang und weitere Folge, und Vorurtheile haben nach ihm die genauere Untersuchung der Kügelchen verhindert. Meyen hat jedoch später, nach den von uns gegebenen Darstellungen, die Beobachtung von Rafn, dass Weingeist zwar den Saft verändert, aber die Kügelchen nicht auflöst, ebenfalls bestätigt (Pflanzenphysiologie. 2. S. 386 f.).

§ 34.

Wir wollen eine Reihe eigener Beobachtungen über die Gestalt und Beschaffenheit der Kügelchen mittheilen. Am grössten unter allen finden wir sie in der halbreifen Frucht von ***Musa paradisiaca.*** Der Saft, wie er aus dem quer durchschnittenen Fruchtstiel ausfliesst, ist trübe und lässt schon mit blossen Augen einen Bodensatz von feinen Körnchen unterscheiden, ohne jedoch milchig zu sein. Durch's Mikroskop angesehen, zeigen sich in ihm kugelrunde krystallhelle Kügelchen, wie Perlen, isolirt von einander im farblosen Plasma hinrollend. Sie sind von etwas verschiedener Grösse. Die grössten geben den Salamanderblutbläschen wenig nach, zeigen, mit dem Frauenhoferschen Schraubenmikrometer gemessen, **0,0125** Linien = $\frac{1}{80}$ Linie, die kleinsten **0,0050** = $\frac{1}{200}$ Linie. Zwischen beiden Extremen finden sich alle Abstufungen. Jodine färbt diese Kügelchen bräunlich, doch nur schwach und sehr langsam, wenn eine grössere Menge zugesetzt wird; viele färben sich gar nicht. Alkohol und Aether schrumpfen die Kügelchen ein wenig ein und extrahiren eine fettige oder wachsartige Substanz, die sich nach dem Verdunsten in Form von ölähnlichen Tropfen unter dem Mikroskop wieder herstellt. Lässt man die frischen Kügelchen allmälig eintrocknen, so bieten sie die sonderbare Erscheinung dar, dass sich, an den grösseren besonders deutlich, in der Mitte ein dunkler Fleck, der mit einem hellen Ring

umgeben ist, bildet. Ob diese Erscheinung von der Scheidung des Kügelchens in zwei Substanzen herrührt, oder von einer Hölenbildung im Innern, die bei'm Eintrocknen erst deutlich sichtbar wird, wage ich noch nicht zu entscheiden. Das Phänomen kömmt ähnlich bei den Kügelchen von ***Sambucus Ebulus*** und von der Frucht des Feigenbaumes vor.

Der Lebenssaft von ***Aloë socotrina*** ist bräunlich-gelb, die Farbe ist gleichförmig in dem dickflüssigen Plasma aufgelöst, und die in demselben schwimmenden Kügelchen sind farblos. Die Kügelchen sind rund, glänzend, wie bei ***Musa,*** aber mehr in Haufen zusammengeballt. Die grössten 0,0095 = circa $\frac{1}{105}$ Linie, die kleinsten 0,0033 = circa $\frac{1}{303}$ Linie.

Caladium sanguineum ist in unseren Treibhäusern unter allen Arten am meisten mit milchigem Lebenssaft versehen. Die Kügelchen sind sehr zahlreich gedrängt, aber isolirt, kugelrund, im farblosen Plasma schwimmend, die kleineren 0,0015 = $\frac{1}{166}$ Linie, die grösseren 0,0020 = $\frac{1}{500}$ Linie.

Arum maculatum ist in der Wurzel reich an Milchsaft, der bei'm Eintrocknen eine Menge nadelförmiger Krystalle zwischen den Kügelchen zurücklässt. Die Grösse der Kügelchen wechselt zwischen 0,003 und 0,005 Linie. Sie sind theils kugelrund, theils oval, isolirt, im durchsichtigen Plasma schwimmend.

Der Milchsaft der Euphorbia-Arten ist dadurch unterschieden, dass seine Farbe von einer milchigen Trübung des Plasma selbst herrührt, welches aus einer wolkigen feinkörnigen Flüssigkeit gebildet ist. Die Körnchen des Plasma sind von unbestimmter Form, ineinanderfliessend opalisirend durchscheinend, und geben der ganzen Flüssigkeit das wolkig trübe Ansehen, worin die grösseren Kügelchen, welche nur sparsam darin herumschwimmen, schwer zu entdecken sind. Diese Kügelchen sind nicht kugelrund, sondern theils knollen-

förmig, theils länglich, oval, elliptisch, bis zur ganz cylindrischen und keulenförmigen Gestalt. Rafn beschreibt sie als Prismen sehr ausführlich. Hartig und Meyen sehen sie als Stärkmehlstäbchen an, weil sie durch Jodine gefärbt werden (Hartig in Erdmann's und Schweigger-Seidel's Journ. 1835. No. 12. Meyen Pflanzenphysiologie. 2. S. 392). Ich finde die Bläuung dieser Kügelchen aber von der der Stärkmehlkügelchen etwas verschieden; allein sie unterscheidet sich von der Bläuung des Stärkmehls vorzüglich dadurch, dass die blaue Farbe nach einiger Zeit in eine rothbraune übergeht, während die Stärkmehlkügelchen blau bleiben. Die Färbung zeigt sich auch an den langen Kügelchen im Safte von ***Hura crepitans,*** und auch hier geht die blaue Farbe bald in eine braune über. Auch die runden Kügelchen mehrerer anderen Milchsäfte werden anfangs durch Jod gebläut, z. E. die Kügelchen aus dem Milchsaft der Wurzel von ***Asclepias syriaca.*** Die ganz runden Kügelchen der Arum-Arten färben sich ähnlich, während andere Kügelchen sogleich von Jodine braun gefärbt werden. Die Wirkung der Jodine scheint also nicht überall dieselbe. Es finden sich übrigens alle nur möglichen Uebergänge von den langen Kügelchen zu knolligen runden Formen bei den Euphorbien. Am häufigsten sind die langen bei ***Euphorbia Caput Medusae,*** am deutlichsten zu erkennen bei ***Hura crepitans.*** Die knollenförmigen Uebergangsformen sieht man am deutlichsten in allen Abstufungen bei ***Euphorbia meloformis.*** Weingeist wirkt auf die langen und knollenförmigen Kügelchen ähnlich einschrumpfend, wie auf diejenigen von ***Musa,*** und bei'm Verdampfen bleiben fettähnliche runde Kugeln zurück, was alles bei'm Stärkmehl nicht geschieht. Die langen und knolligen Formen scheinen durch Zusammenfliessen mehrerer kleineren runden Formen zu entstehen, daher sehen denn auch viele ganz gehäuft, oder wie aus mehreren zusammengewachsen, aus, was bei ***Euphorbia meloformis*** am schönsten hervortritt.

*

Der Lebenssaft von ***Hura crepitans*** ist durch seine durchscheinende viel blassere Milchfarbe von dem der Euphorbien verschieden. Sein Plasma ist gleichförmig klar und es schwimmen nur wenige lange Kügelchen darin. Die längsten sind hier, wie bei den Euphorbien, 0,0150 = circa 1/66 Linie, ihre Breite beträgt 0,003 = circa 1/280 Linie. Die grösseren knolligen Formen bei ***Euphorbia meloformis*** haben 0,011 Linien im Durchmesser.

Iatropha Manihot zeigt im Milchsaft ein ähnlich feinkörniges wolkiges Plasma, wie die Euphorbien, aber keine langen, sondern rundliche, isolirte Kügelchen darin schwimmend. Sie sind 0,002 Linien gross. Bei ***Iatropha Curcas*** erreichen sie 0,0029—0,0030 Linien.

Auch der sehr reichlich aus den verwundeten Zweigen und Blättern von ***Sapium aucuparium*** fliessende Milchsaft zeigt ein milchiges Plasma, feinkörnig opalisirend, mit sehr wenigen durchscheinenden grösseren Kügelchen. Hier jedoch, wie bei dem Safte der Euphorbien, zeigen sich nach dem Zusatz von Aether sehr bald grössere runde Kugeln, welche durch Verdunsten der im Aether aufgelösten wachsfettartigen Theile gebildet werden.

Ganz anders verhält sich der Lebenssaft der Feigenbäume. Man findet im Stamm und den Blättern von ***Ficus Carica*** ein völlig durchsichtiges Plasma, worin gedrängt nebeneinander eine grosse Menge isolirter kugelrunder Kügelchen schwimmen, mit denen der Saft überfüllt ist. Sie sind nur klein und in der Grösse nicht sehr verschieden, im Ganzen sehr gleichförmig gross. Die kleineren 0,0025, die grösseren 0,005 Linien im Durchmesser (1/200—1/400 Linie). In den jungen Früchten zeigen sich die Kügelchen in noch grösserer Menge, als in den Blättern; in den reifen Früchten jedoch nimmt die Zahl der Kügelchen sehr ab und vorzüglich verschwinden die kleineren, während die grösseren bleiben, wodurch der Saft ein mehr wässriges blasses

Ansehen erhält. Dasselbe zeigt sich in den Früchten von ***Ficus cerasiformis*** und ***Ficus microcarpa.***

Der Milchsaft von ***Ficus elastica*** zeigt ähnliche Kügelchen, wie ***Ficus Carica,*** von derselben Grösse und Form; die Quantität scheint in den Blättern geringer.

In dem Safte der Blätter von ***Artocarpus integrifolia*** sind die Kügelchen von derselben kugelrunden Gestalt, aber in der Grösse mehr verschieden und im Ganzen kleiner als bei ***Ficus.*** Die grösseren haben 0,0025, die kleineren 0,0012 Linien im Durchmesser. Ich habe die Gelegenheit benutzt, den Milchsaft vom Kuhbaum ***(Galactodendron utile*** Knth.), welchen Herr Eduard Otto, Sohn des Herrn Gartendirectors Otto in Berlin, am 2. Mai 1840 von Caraccas nach Berlin gesendet hatte, mikroskopisch zu untersuchen. Der Saft war zu einer käsigen Masse geronnen, welche unter dem Mikroskop fast ganz aus in Haufen zusammenklebenden Kügelchen gebildet schien. In Wasser ausgebreitet blieben zwar die meisten Kügelchen in Haufen und Ballen vereinigt, doch so, dass man die Gestalt und Grössen der einzelnen sehr wohl unterscheiden konnte. Einige Kügelchen isolirten sich dabei gänzlich und diess war noch mehr der Fall, wenn man sie in Soda- oder Küchensalzwasser ausbreitete. Die Gestalt der Kügelchen ist kugelrund, hell durchscheinend, im frischen Safte wahrscheinlich isolirt und nur durch die Gerinnung, wie auch bei den Feigenbäumen, zusammenklebend. Sie nähern sich im Ansehen sehr den Kügelchen der Feigenbäume, sind aber merklich kleiner. Die kleineren messen 0,0015 = $\frac{1}{666}$ Linie, die grösseren 0,0030 = $\frac{1}{333}$ Linie. Was aber am meisten auffällt, ist die immense Quantität, welche alles übertrifft, was man bei Ficus-Arten sehen kann. Durch zugesetzten Aether werden sie grösstentheils kleiner, zum Theil punctförmig; aber einige behalten auch ihre frühere Grösse. Dabei löst der Aether das Fettwachs aus ihnen auf, und bei'm Verdunsten stellt sich dieses in

grösseren Oeltropfen wieder her. Rührt man die in Wasser ausgebreitete Saftmasse mit Aether um, so trennt sich das Elastingerinsel in elastisch mannigfach verflochtene Fäden, von glasartiger Durchsichtigkeit, ähnlich wie auch bei'm Feigensaft, und man sieht auch hier, dass die Elastinfäden immer noch Saftkügelchen einschliessen. Kalter Alkohol erhärtet die geronnene Masse, wahrscheinlich durch Verdichtung des Wachssaftes und des Gummi's, so sehr, dass sie hart wie Kreidestücke und ganz zerreiblich werden. Dann lässt sich durch Umrühren kein Elastin abscheiden, weil es von der grossen Menge Kügelchen zu fest eingeschlossen ist. Bei'm Zusatz von Aether aber, der das Elastin aufweicht, lässt es sich durch mechanische Agitation, wie der Faserstoff aus dem Blute der Thiere, leichter sondern.

Cecropia peltata hat in unseren Treibhäusern keinen Milchsaft. Der Lebenssaft ist wenig trübe und zeigt wenige im farblosen Plasma zerstreute kugelrunde isolirte Kügelchen, die denen der Feigenbäume in der Form ähnlich sind, aber etwas grösser. Sie zeigen 0,004—0,006 Linien im Durchmesser.

Broussonetia papyrifera zeigt einen milchfarbigen Lebenssaft mit zahlreichen isolirten Kügelchen, 0,0025 Linien gross, denen der Feigenbäume ähnlich.

Die Cichoraceen nähern sich in der Beschaffenheit des Lebenssaftes wieder mehr den Euphorbiaceen. ***Leontodon Taraxacum*** hat ein feinkörniges milchiges Plasma mit ineinander fliessenden Körnchen, zwischen denen grössere Saftkügelchen zerstreut sind, deren Grösse zwischen 0,003—0,004 Linien wechselt. Aehnlich ist der Saft von ***Cichorium Intybus***.

Bryonia alba hat im Stengel einen mattweissen, in der Wurzel einen mehr milchigen Lebenssaft. Im durchsichtigen Plasma schwimmen isolirte Kügelchen von eiförmiger und rundlicher Gestalt in der Grösse zwischen 0,003 und 0,005 Linien wechselnd.

Der ganz farblose, kaum trübe Lebenssaft aus dem Blatt von ***Cucurbita Pepo*** zeigt zerstreute Kügelchen von 0,002—0,004 Linien im Durchmesser. Der Lebenssaft aus dem Fruchtstiel von ***Momordica Elaterium*** ist wenig getrübt, zeigt in einem wasserhellen Plasma zerstreute Kügelchen von elliptischer und rundlicher Gestalt. Ihre Grösse schwankt zwischen 0,001—0,0015 Linien.

Convolvulus Purga zeigt im Stengel schwach milchigen Lebenssaft, der in einem farblosen Plasma kugelrunde, perlförmige Kügelchen führt, welche gewöhnlich in Haufen zusammengeballt und von sehr verschiedener Grösse sind. Die kleineren 0,001, die grösseren 0,006 Linien im Durchmesser. Aehnlich ist der Saft von ***Ipomoca purpurea.***

Der Lebenssaft von ***Lobelia cardinalis*** zeigt gleich grosse, sehr zahlreiche, isolirte, kleine kugelrunde Kügelchen, ähnlich wie bei'm Feigenbaum. Der Durchmesser ist 0,0025 Linien.

Der Lebenssaft der Apocyneen und Asclepiadeen nähert sich sehr dem der Euphorbien in der Beschaffenheit des Plasma.

Asclepias arborescens zeigt Milchsaft mit trübem, feinkörnigem Plasma, worin aber, nicht lange, sondern kugelrunde grössere Kügelchen zerstreut sind. Diese messen 0,002 Linien. Bei ***Asclepias gigantea,*** die in reichlicher Menge bei Verwundungen Milchsaft ergiesst, enthält dieser ein durchscheinend wolkiges feinkörniges Plasma, worin sehr kleine, fast punctförmige Kügelchen von 0,0005—0,001 Linien im Durchmesser schwimmen.

Cerbera Ahovai hat reichlichen concentrirten Milchsaft mit trübem feinkörnigem Plasma, worin grössere kugelrunde helle Kügelchen schwimmen, 0,002—0,0025 Linien gross.

Bei ***Cerbera Thevetia,*** aus dem Treibhause, ist der Milchsaft etwas blasser, die Kügelchenbildung aber ähnlich.

Bei ***Tabernaemontana citrifolia*** werden die grösseren Kügelchen zahlreicher, die kleineren halbisolirt. Die grösseren haben **0,002** Linien im Durchmesser. Ich konnte nur den Saft von bereits im Abfallen begriffenen Blättern untersuchen. ***Tabernaemontana coronaria,*** von der ich den Saft einer frisch treibenden Pflanze nahm, zeigt ebenfalls ein wolkig-feinkörniges leicht gerinnendes Plasma, in welchem eine ziemliche Menge krystallheller rundlicher Kügelchen schwimmt. Letztere treten deutlich unterschieden von dem körnigen Plasma hervor, besonders bei Vermischung des Saftes mit etwas Wasser. Durch Umrühren eines Safttropfens mit Aether scheiden sich Elastinfäden aus, und nun treten die perlförmigen Kügelchen noch deutlicher und in grösserer Menge hervor. Ihre Grösse wechselt zwischen **0,0012—0,0032** Linien. Die Kügelchen schwimmen bei'm Wasserzusatz immer auf der Oberfläche, während das Plasmagerinsel zu Boden sinkt. Diess ist mir weniger auffallend bei den übrigen Milchsäften erschienen. Ganz anders verhält sich der Milchsaft einer Pflanze, die der Berliner botanische Garten unter dem Namen ***Tabernaemontana Cammassi*** aus Göttingen erhielt. Dieser Milchsaft nähert sich sehr dem der Feigenbäume. Er enthält ein farbloses Plasma, worin in grösserer Menge isolirte krystallhelle kugelrunde Kügelchen in allen Grössenabstufungen von punctförmiger Kleinheit bis zu **0,003** Linie im Durchmesser schwimmen. Die Kügelchenmenge ist jedoch überall viel geringer, als bei den Feigenbäumen.

Sambucus Ebulus hat in der Wurzel milchigen Lebenssaft, im Stengel aber wenig getrübten. Das Plasma ist durchsichtig und die Kügelchen sind, nächst denen von ***Musa paradisiaca,*** die grössten, welche ich gefunden habe. Im Safte des Stengels finden sich nur wenige und lauter grosse Kügelchen; in der Wurzel sehr zahlreiche von allen Grössenabstufungen. Die kleineren sind **0,003**, die grösseren **0,0065** Linien im Durchmesser. Bei'm Eintrocknen zeigen sie dasselbe

Phänomen, wie die Kügelchen bei ***Musa paradisiaca,*** dass sich nämlich helle Ringe um einen dunklen Mittelfleck bilden.

Angelica Archangelica zeigt in dem von dem Balsam isolirt gehaltenen Milchsaft in einem durchsichtigen Plasma isolirte, kugelrunde, perlförmige Kügelchen von verschiedener Grösse. Die kleinen **0,0015**, die grösseren **0,007** Linien im Durchmesser. In der offizinellen ***Asa foetida,*** die mit Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt wird, kann man unter dem Mikroskop die Kügelchen ganz deutlich unterscheiden. Sie sind denen bei ***Angelica*** sehr ähnlich. Aether scheidet ein sehr schwaches Elastingerinnsel aus.

Bei ***Acer platanoides*** findet man ebenfalls ein helles Plasma, worin zahlreiche kugelrunde Kügelchen in verschiedenen Grössenabstufungen schwimmen. Die grösseren sind **0,002**, die kleineren **0,001** Linien.

Cactus mammillaris enthält einen rein weissen Milchsaft, der die Beschaffenheit des Plasma der Euphorbien und die Form der Kügelchen bei den Feigenbäumen zu vereinigen scheint. Das Plasma selbst ist feinkörnig trübe, und enthält grössere helle kuglige Kügelchen, **0,002—0,004** Linien gross. Der Lebenssaft in den Früchten ist kaum milchig, trübe und enthält weniger grössere Kügelchen in einem hellen Plasma. Die Sapoteen sind den Euphorbiaceen wieder ähnlich in der Beschaffenheit des Lebenssaftes.

Chrysophyllum Cainito zeigt stark milchigen Lebenssaft mit körnig trübem Plasma, worin grössere helle rundliche und ovale Kügelchen schwimmen, doch in grösserer Menge, als die langen Kügelchen bei den Euphorbien (**0,0015—0,00252** Linien).

Mimusops Elengi hat ein ähnliches Plasma, mit etwas grösseren rundlichen Kügelchen, **0,003** Linien im Durchmesser.

Bei ***Achras Sapota*** finden sich in einem wenigen trüben Plasma sehr zahlreiche grössere und kleinere isolirte runde Kügelchen. Ihre

Grösse wechselt zwischen **0,002—0,005** Linien; sie fliessen leicht in öläahnliche Augen zusammen.

Der Milchsaft aus der Wurzel von ***Papaver orientale*** ist dickflüssig weiss, wird an der Luft bald eitergelb, später braunroth. Er enthält eine Menge elliptischer eiförmiger, zum Theil selbst cylindrischer Kügelchen in einem trüben Plasma. Die Grösse der Kügelchen beträgt **0,0015—0,003** Linien.

Bei ***Chelidonium maius*** ist das Saftplasma gelb gefärbt, worin farblose Kügelchen schwimmen. Sie sind rundlich und **0,002—0,003** Linien gross. Aehnliche Bildung zeigt sich bei ***Glaucium.***

Glycine Apios zeigt perlförmige kugelrunde Kügelchen in allen Grössen; sie fliessen leicht in inselförmige Tropfen zusammen.

Der Lebenssaft von ***Mimosa pudica*** ist in der Pflanze durchscheinend, kaum matt getrübt. Lässt man einen Tropfen auf eine Glasplatte fallen, so fängt er bald an, sich zu trüben und wird zuletzt ganz milchig, was in Zeit von **5** Minuten geschieht. Dabei coagulirt der Saft und nun unterscheidet man deutliche Kügelchen, die wegen ihrer Durchsichtigkeit zuvor nicht sichtbar waren. Zugleich sieht man ein feinkörniges Gerinnsel aus dem Plasma sich bilden, welches sich von dem Serum ganz abscheidet und nach einer Seite des Tropfens hin zusammenzieht. Man erkennt dieses an der organischen Structur und Kügelchenbildung sehr leicht. Das Serum bildet bei'm Eintrocknen auf seiner Seite die schönsten Formen von dendritischen Krystallen, zu welchen die Salze desselben anschiessen. Eine Abbildung der Erscheinung gibt Taf. **19**, die oberste Figur.

Der Milchsaft aus der Frucht von ***Carica microcarpa*** ist blassmilchig, gerinnt fast im Augenblicke des Ausfliessens. In einem wolkigen feinkörnigen Plasma schwimmen rundliche helle Kügelchen zerstreut, von **0,0025—0,0050** Linien.

Unter den ***Guttiferae*** habe ich den Lebenssaft von ***Garcinia, Mangostana, Mammea americana*** und ***Clusia rosea*** untersucht. Der Lebenssaft bei ***Garcinia Mangostana*** trocknet auf den Schnittflächen der Stengel und Blattstiele zu einer festen klebrigen Masse ein, welche jedoch die weisse Milchfarbe des Saftes eine Zeitlang behält. Diese Masse weicht aber im Wasser ohne Hinterlassung eines Rückstandes vollständig wieder auf, und bildet eine milchige Flüssigkeit von der Beschaffenheit des frischen Milchsaftes selbst, was ich sonst bei keiner Familie gefunden habe und wahrscheinlich von dem Uebermaasse des Gummi im Saftplasma herrührt. Der frische Milchsaft zeigt in einem farblosen Plasma zahlreiche isolirte sehr kleine und grössere runde Kügelchen in allen Grössenabstufungen. Die kleineren sind **0,0015**, die grösseren **0,0025** Linien im Durchmesser. Aether löst aus den Kügelchen Fett auf, das sich bei'm Verdunsten in grösseren Tröpfchen wiederherstellt.

Der Milchsaft bei ***Mammea americana*** ist gelblich, oder nimmt doch sogleich an der Luft diese Farbe an. Er enthält in einem farblosen Plasma isolirte kugelrunde und eiförmige Kügelchen, wie Perlen, in sehr verschiedenen Grössenabstufungen. Die kleinsten messen **0,0005**, die grössten **0,001** Linie.

Clusia rosea enthält in dem weissen Milchsaft ähnliche isolirte runde Kügelchen, die aber leicht in inselförmige Tröpfchen zusammenfliessen. Ihre Grösse ist noch mehr verschieden, und wechselt zwischen **0,001** und **0,0035** Linien.

Die Kügelchen des Lebenssaftes von ***Rhus typhinum*** sind kugelrund-perlförmig, von sehr verschiedener Grösse, ähnlich wie bei ***Convolvulus,*** aber im Ganzen viel kleiner. Die grösseren **0,0025**, die kleineren **0,0009** Linien im Durchmesser.

§ 35.

Die nicht milchigen Lebenssäfte enthalten im Allgemeinen kleine immer isolirte Kügelchen in geringerer Zahl und von mehr ungleicher Gestalt. Der aus dem durchschnittenen Strunke vom Weisskohl ***(Brassica oleracea capitata)*** fliessende wenig trübe Lebenssaft zeigt ziemlich grosse Kügelchen von rundlicher und elliptischer Form, 0,002—0,005 Linien im Durchmesser. Bei ***Reseda lutea*** findet man in dem wenig trüben Lebenssaft, wie er aus der Schnittfläche eines jungen Stengels fliesst, elliptische und rundliche helle Kügelchen zerstreut, in der Grösse zwischen 0,001—0,002 Linien wechselnd. In dem Lebenssaft von ***Alcea rosea*** sind die Kügelchen punctförmig klein, zerstreut, messen 0,0005—0,0003 Linien. ***Hesperis matronalis*** zeigt elliptische, eiförmige und rundliche Formen gemengt, 0,001—0,0015 Linien im Durchmesser. ***Viola odorata*** zeigt mehr rundliche Formen, sehr hell und durchsichtig, von 0,0015—0,0018 Linien im Durchmesser. ***Pelargonium fragrans*** hat einen wenig trüben Lebenssaft mit hellen, gelblichen, rundlichen Kügelchen, 0,002 Linien im Durchmesser. Bei'm Weinstock ***(Vitis vinifera)*** finde ich in dem Lebenssaft aus dem Traubenstiel bei'm Eintrocknen eine Menge feiner abgestumpfter prismatischer Krystalle, die sich zwischen den Saftkügelchen bilden. Die Kügelchen sind rundlich, hell, 0,001—0,002 Linien im Durchmesser.

Fast aus allen Familien ergeben sich die Formen und verhältnissmässigen Grössen der Kügelchen aus den nicht milchigen Arten des Lebenssaftes bei Betrachtung der von mir abgebildeten Lebenssaftgefässe in deren Innerem, da, wo sich der Lebenssaft erhalten hatte, die Kügelchen überall abgebildet worden sind. In den Kügelchen des Lebenssaftes sind vorzüglich die fettartigen und wachsartigen Stoffe dieser Säfte enthalten. Die Kügelchen fliessen bei vielen Pflanzen wie Fetttropfen zusammen, und Aether und Alkohol ziehen aus ihnen fett- oder wachsartige Substanzen aus, die nach dem Verdunsten wieder in

feinen Tropfen zurückbleiben. Diese Substanzen sind also keine Producte des Gerinnungsprocesses, wie das Cautschuk. Bei'm Gerinnen können sich aber Saftkügelchen mit dem Cautschuk verbinden und dieses wachshaltig oder fetthaltig machen, wie auch das Fett und Wachs in dem Serum von den damit vermengten Saftkügelchen herrührt. Eiweiss ist im Serum aufgelöst, wo es überhaupt vorhanden ist, Gummi findet sich fast überall im Serum nach der Gerinnung gelöst.

2. Gerinnung des Lebenssaftes.

§ 36.

Die Eigenschaft des Gerinnens kommt keiner der flüssigen Secretionen zu, die früher mit dem Lebenssafte vermengt worden sind. Sie hängt mit der plastischen Function des Lebenssaftes zusammen, gleich der Gerinnung des Blutes der Thiere. Es ist jedoch ein Unterschied zwischen der Blutgerinnung und der Gerinnung des Lebenssaftes darin begründet, dass bei letzterem, der pflanzlichen Natur gemäss, das Stoffige neben der Formbildung mehr hervortritt, und das durch die Gerinnung gebildete plastische Product von verschiedenartigerer Natur, als bei der Blutgerinnung ist. Das allgemeine Product der Blutgerinnung ist der Faserstoff, der keine so grosse Verschiedenheiten der Stoffbildung im Thierreiche zeigt. Bei den Pflanzen aber, wo so mancherlei Stoffbildungen aus dem Lebenssafte producirt werden müssen, müssen dessen plastische Eigenschaften schon bestimmter auf diese Stoffbildungen gerichtet sein, daher denn auch durch die Gerinnung des Lebenssaftes schon mehrere durch Stoffbildung verschiedene plastische Producte ausgeschieden werden, die wir im Allgemeinen das Elastin nennen wollen, welches die mancherlei Modificationen des Cautschuks (Klebharz, Viscin) darstellt.

Die Gerinnung des Lebenssaftes wird allein durch das Plasma bewirkt; die Kügelchen, welche darin schwimmen, nehmen daran keinen directen Antheil und werden durch die Gerinnung nicht ver-

andert, selbst dann nicht, wenn die Gerinnung durch chemische Agentien künstlich bewirkt wird, wie wir oben bereits gesehen haben. Auch bleiben die Kügelchen nach der Gerinnung gewöhnlich mit der übrigbleibenden Flüssigkeit verbunden, und gehen nur theilweise in die Substanz des Gerinnsels ein, sind in diesem aber noch unverändert zu unterschieden, wie man an dem geronnenen Tropfen von Lebenssaft von ***Mimosa pudica*** sehr deutlich sieht. Das Gerinnsel bildet sich nur aus dem Plasma. Es ist ein festes plastisches Product, das sich aus der Flüssigkeit bildet, jedoch im Ganzen mehr hervortretende und physikalische Eigenschaften zeigt, als der Faserstoff im Thierreich. Sonst finden nach Verschiedenheit der Aussenverhältnisse dieselben Abweichungen in der Bildung des Gerinnsels statt, wie bei der Blutgerinnung. In der lebendigen Pflanze zeigt das flüssige Plasma die innere oscillatorische Bewegung, welche ich früher beschrieben habe (Natur der lebendigen Pflanze. I. S. 534). Durch die Gerinnung scheidet sich der Lebenssaft in zwei Theile: einen festen, der das Gerinnsel bildet, und einen flüssigen, das Serum. Die wachsfetthaltigen Kügelchen können theils mit dem Gerinnsel (dem Elastin), theils mit dem Serum verbunden bleiben. Im Serum sind noch Gummi und Salze aufgelöst. Wird der ganze Saft eingetrocknet, so bleibt auch das Gummi mit dem Gerinnsel in Verbindung, wodurch die sogenannten Klebharze entstehen.

Die Gerinnung des Lebenssaftes der Euphorbien, Feigenbäume, Asklepias-Arten, erfolgt an der Luft von selbst, wie die Blutgerinnung. Durch Abhalten der Luft in verschlossenen Gefässen erhält sich der Lebenssaft lange, ohne zu gerinnen, wie ich schon früher durch Beobachtungen an dem Lebenssaft von ***Asclepias syriaca*** gezeigt habe (Natur d. lebendigen Pflanze. I. S. 540), und wie die Erfahrungen an den Milchsäften der Cautschukpflanzen zeigen, die schon zum öftern in verstopften Flaschen ungeronnen aus America nach Europa gekom-

men sind, und hier noch ihre Gerinnungsfähigkeit gezeigt haben. Doch gerinnen einige Lebenssäfte viel leichter als andere, namentlich gerinnt die Milch des Melonenbaumes ***(Carica)***, wie ich bei ***Carica microcarpa*** finde, ausserordentlich schnell, gleich nach dem Ausfliessen aus den Gefässen.

Chemische Mittel, zum Lebenssaft gesetzt, können die Gerinnung schneller herbeiführen oder verhindern. So finde ich, dass concentrirte Küchensalzsolution, zum Lebenssaft von ***Euphorbia Caput Medusae*** gesetzt, die Gerinnung desselben, ähnlich wie bei'm Blute der Thiere, aufhält, so dass der Saft lange flüssig bleibt, und selbst durch die chemischen, die Gerinnung befördernden Mittel (Weingeist), schwer zum Gerinnen zu bringen ist. Wahrscheinlich ist der grosse Gehalt an apfelsaurem Kalk und apfelsaurem Kali in dem officinellen Euphorbium die Ursache, dass der frische Milchsaft so unvollkommen gerinnt und so wenig Cautschuk bildet.

§ 37.

Zu den Mitteln, die die Gerinnung des Lebenssaftes der Pflanzen befördern, gehören, ausser der atmosphärischen Luft und der erhöhten Temperatur, besonders der Weingeist und der Aether; auch Wasser befördert die Gerinnung, doch in sehr geringem Grade, wie ich vergleichungsweise bei dem Safte von ***Euphorbia meloformis, Asclepias syriaca, Papaver orientale, Chelidonium maius*** u. m. a. finde, auch zeigt sich die Bildung des Gerinnsels nur unvollkommen. Lässt man den frischen Saft von Euphorbien und Feigen unverändert auf dem Glasschieber eintrocknen, so lässt er eine elastische Cautschukhaut zurück, welche die Milchfarbe verloren hat. Giesst man Wasser darauf, so entsteht die Milchfarbe wieder und alle Kügelchen sind unter dem Mikroskop wieder erkennbar. Auf trocknen Thon gestrichen, coagulirt der Saft sehr schnell, wird leicht eingetrocknet und lässt eine Cautschukmembran zurück, wie auch der Milchsaft von

Asclepias syriaca. Wie der Blutkuchen bei der Gerinnung des Bluts der Thiere, so bildet auch das Gerinnsel des Lebenssaftes einen Kuchen ***(placenta laticis)***, der sich nach Maassgabe der vollständigeren oder unvollständigeren Gerinnung in grösserer oder geringerer Menge abscheidet und dessen Bildung, z. E. durch Küchensalz, auch durch Lauge von kohlensaurem Kali, ganz verhindert werden kann, wie wir so eben gesehen haben. Bei dem Zusatze von künstlichen Gerinnungsmitteln zum frischen Lebenssaft sieht man unter dem Mikroskop recht deutlich dass sich nur aus dem Plasma das Gerinnsel bildet, und man kann auf's deutlichste die noch übrigen Saftkügelchen, die in Form von Oeltropfen abgeschiedene Wachsmasse, und das in elastischen Fäden sich ausziehende Elastingerinnsel unterscheiden.

Wir haben oben gesehen, dass die Milchfarbe des Lebenssaftes der Euphorbien und des Chelidonium's nicht, wie bei den Feigenbäumen, von den Kügelchen herrührt, sondern im Plasma selbst ihren Sitz hat. Wenn man nun Alkohol zu dem frischen Milchsaft von ***Euphorbia Caput Medusae*** setzt und die Vermischung durch Umrühren begünstigt, scheidet sich sehr bald ein vollständiges Gerinnsel von Cautschuk aus und in dem Maasse, wie dieses geschieht, vermindert sich die Milchfarbe des Saftes fast bis zum Verschwinden, während nun in der übrigen serösen Flüssigkeit nur noch zerstreute Kügelchen schwimmen. Aus zehn Tropfen Milchsaft von ***Euphorbia meloformis*** schied sich durch Umrühren mit Weingeist an etwas klebrigem Cautschuk 1½ Gran aus. Bei den Feigenbäumen hingegen rührt die Milchfarbe des Lebenssaftes nicht vom Plasma, sondern von der Masse der Kügelchen her, während das Plasma ganz farblos ist. Wenn man nun zum frischen Milchsaft der Frucht und der Blätter von ***Ficus Carica*** Schwefeläther setzt, so scheidet sich ebenfalls bei'm Umrühren ein Gerinnsel von vollständig gebildetem Cautschuk aus, dadurch aber wird die Milchfarbe der übrigen serösen Flüssigkeit wenig vermindert,

weil die Kügelchen des Saftes, von denen die Milchfarbe herrührt, noch nach der Gerinnung in dem Serum übrig bleiben, und obgleich durch den Aether des Wachsfettes zum Theil beraubt, doch das Serum noch milchig trüben. Es ist durchaus unrichtig, wenn Meyen behauptet, das Coagulum nach dem Zusatze von Alkohol zum Feigensaft werde durch ein Zusammenfliessen der Kügelchen gebildet *(l. c. II. p. 405)*, denn die Kügelchen sind nach der Bildung des Coagulum's noch vorhanden. Diess ist ein merkwürdiger Unterschied, mit dem es vielleicht zusammenhängt, dass nur Schwefeläther aus dem frischen Feigensaft Cautschuk abscheidet, aber nicht der Weingeist. Der Weingeist bringt zwar in dem Milchsafte der Feigenbäume eine krümliche Coagulation, die von dem Gummi herrührt, hervor, aber keine Cautschukabsonderung; sobald man aber Schwefeläther zusetzt, scheidet sich vollständig gebildetes Cautschuk aus, dem keine seiner ausgezeichneten Eigenschaften fehlt. Es scheint also bloss in dem Verfahren zu liegen, dass weder Bezio *(Brugnatelli Giornale di fisica. T. XX. p. 41)*, noch Geiger und Reimann (Geiger's Magazin für Pharmacie. Bd. XX. S. 145) wahres Cautschuk in dem Milchsafte der Feigenbäume finden konnten. Das mechanische Umrühren ist auch bei'm Feigensafte nothwendig, um das Elastin völlig zu trennen. Dadurch wird es aus der grossen Kügelchenmasse, zwischen welche es verbreitet ist, herausgezogen, indem es sich zu Fäden vereinigt, die an dem Rührstab sich festsetzen. Aus dem Milchsafte der Euphorbien aber scheidet sich, wie ich bei wiederholten Versuchen finde, das Cautschuk sowohl durch Weingeist, als durch Aether unter Umrühren aus, doch geschieht hier die Abscheidung vollständiger durch Weingeist, als durch Aether. Die Versuche fielen mit dem Milchsafte von ***Euph. mammillaris, E. Caput Medusae, E. meloformis*** vollkommen gleich aus.

Umgekehrt verhält es sich mit dem Safte von ***Musa paradisiaca,*** welcher, ähnlich wie der Feigensaft, ein ganz farbloses Plasma besitzt.

Aus dem Safte der Frucht von ***Musa paradisiaca*** scheidet sich nach dem Zusatze von Aether bei'm Umrühren das schönste Cautschuk aus, aber nicht durch Weingeist. Weingeist bringt hier ein flockiges Gerinnsel von Gummi hervor, ähnlich, wie bei'm Feigensaft, aber kein elastisches Cautschuk scheidet sich aus. Das nach der freiwilligen Gerinnung übrig bleibende Serum fand ich bei ***Asclepias syriaca*** braun, bitter schmeckend, stark sauer reagirend. Durch Hitze scheidet sich Eiweiss aus, es enthält aber auch Gummi. Das Gerinnsel des Milchsaftes von ***Asclepias syriaca*** trocknet zu einer elastischen Masse ein, die in einem silbernen Löffel über Feuer schmilzt und, angezündet, wie Wachs brennt.

§ 38.

Die chemische Natur der Gerinnsel, welche sich durch die Gerinnung der Lebenssäfte bilden, lässt sich auf zwei Haupt-Arten zurückführen: 1) die reinen Cautschuk-Gerinnsel, welche wir mit dem Namen „Elastin" belegen wollen, und 2) die Klebharz-Gerinnsel, die wir „Viscin" nennen wollen. Es treten also Elastin und Viscin an die Stelle des Faserstoffs im Thierreich. Beide Substanzen sind nicht absolut getrennt, so dass sie einander ausschliessen, sondern sie erscheinen durch manche Eigenschaften in einander übergehend und finden sich daher häufig in demselben Safte, doch in verschiedenen Zuständen beisammen, so dass die elastinhaltigen Lebenssäfte (z. E. aus den Cautschukbäumen) gemeinhin nebenbei Viscin, die viscinhaltigen aber nebenbei Cautschuk enthalten. Das Viscin selbst aber ist kein reiner einfacher Stoff, sondern scheint ein Gemenge von Elastin, Wachsfett und Gummi zu sein, und entsteht durch eine überwiegende Menge von wachshaltigen Kügelchen, die mit einer kleineren Menge Elastin vermengt sind. Daher geben die Milchsäfte der jüngeren Zweige, worin die Kügelchenmenge, auch der Gummigehalt des Plasma, sehr gross ist, während noch wenig Elastin sich bildet, immer

das sogenannte Viscin. Lässt man den frischen Milchsaft der Feigenbäume eintrocknen, so findet sich in der eingetrockneten Masse, ausser dem Elastin und den mit Wachsfett imprägnirten Kügelchen, noch Gummi aus dem eingetrockneten Serum. Letzteres kann man durch Wasser ausziehen, worauf dann ein Gemenge von wachsfetthaltigen Kügelchen mit dem Cautschukgerinnsel übrig bleibt. Giesst man auf diese Masse Aether, so wird das Wachsfett gänzlich aufgelöst, während die festen unlöslichen Kügelchen selbst zurückbleiben, die unter dem Mikroskop deutlich zu erkennen sind. Der Aether schwellt aber auch das Cautschuk auf, und dieses bleibt in ihm in kleinen Flocken schwebend, wodurch der Aether ein opalisirendes Ansehen behält. Cautschuk und Wachsfett sind sehr schwer zu trennen, obgleich sie nur mechanisch in der Solution gemengt sind. Das Cautschuk setzt sich schwer und unvollkommen ab; durch mechanische Agitation bilden sich etwas grössere Flocken, aber kein vollständiges Sediment. Man erhält also nach dem Eintrocknen der ätherischen Solution ein durch's Mikroskop unterscheidbares Gemenge von ölähnlichen Tropfen (Wachsfett) und von elastischen Fäden (Cautschuk). Dieses Gemenge ist immer mehr oder weniger klebrig, auch wenn der Saft von älteren Pflanzen genommen war, und unterscheidet sich dadurch vom reinen Cautschuk. Man kann beide Substanzen trennen, wenn man das Gemenge mit Alkohol digerirt. Dieser löst das Wachsfett auf und nun bleibt reines Cautschuk zurück. Wenn man den eingetrockneten Saft, ohne ihn vorher mit Wasser auszuziehen, sogleich mit Alkohol digerirt, so bleibt ein Gemenge von Gummi, Saftkügelchen und Elastin zurück, welches ziemlich klebrig ist. Digerirt man nach Absonderung des Gummi's den Saft sogleich mit Alkohol, so lässt dieser ein Gemenge von Elastin und Kügelchen zurück, das mehr bröcklich ist. So entstehen also die verschiedenen Arten von Cautschuk vorzüglich durch andere mechanische Beimengungen aus den Milchsäften. Durch

die Eigenschaft des Elastins, in Aether aufzuquellen, und sich zum Theil darin schwebend zu erhalten, kann man mittelst Aether etwas Cautschuk aus den Milchsäften ausziehen, aber nicht den ganzen Gehalt; auch kann durch mechanische Agitation, starke Verdünnung der Auflösung mit Aether und längere Ruhe das Elastin wieder getrennt werden; aber es ist immer schwer vom Wachsfett zu sondern.

In den Milchsäften von ***Papaver orientale, Chelidonium maius, Carica microcarpa, Leontodon Taraxacum*** erzeugt schon Wasser, noch leichter Weingeist, ein körniges Gerinnsel. Der Saft von ***Carica microcarpa*** gerinnt sogar an der Luft von selbst, fast sogleich, wie er ausfliesst. Diese Gerinnsel vereinigen sich durch Umrühren nicht zu zusammenhängenden klebrigen Massen, wie die Elastingerinnsel, sondern bleiben körnig und zusammenhängend, wenn gleich einige, wie das Gerinnsel vom Mohn und von ***Leontodon,*** bei'm Eintrocknen zähe werden. Man erkennt indessen, dass sie denselben Ursprung haben, wie die Elastingerinnsel, und wir müssen sie daher mit diesen in eine Reihe stellen, wenn gleich die Eigenschaften etwas verschieden sind.

3. Chemische Analysen der Milchsäfte und anderer Lebenssäfte.

§ 39.

Wir besitzen besonders von Milchsäften tropischer Pflanzen Analysen, weil nur diese in so grosser Menge ausfliessen, dass sie isolirt gesammelt und zu mancherlei Zwecken benutzt werden können. Die Eigenschaften anderer Lebenssäfte werden sich aber weiterhin hiermit vergleichen lassen. Durch die Gerinnung scheiden sich die Lebenssäfte in einen festen Theil (das Gerinnsel, ***Crassamentum,*** Saftkuchen), und in einen noch flüssigen Theil (Serum, Saftwasser). Der erstere enthält die plastischen Theile des Lebenssaftes, auch wohl einen Theil der Kügelchen beigemengt, der letztere enthält die rein chemi-

schen nicht plastischen Stoffe (Säure, Bitterstoff, Gummi, Salze) aufgelöst und die grössere Menge der Kügelchen, von denen er auch die Milchfarbe behalten kann. Mit Rücksicht auf diese organischen Verhältnisse sind die chemischen Analysen zu betrachten.

Zu den Lebenssäften, welche reine Elastingerinnsel bilden, gehören vorzüglich diejenigen aus der Familie der Euphorbiaceen und Asclepiadeen, aus denen man das Cautschuk gewinnt, und die sich, wie wir gesehen haben, in ihrer Organisation sehr ähnlich sind.

Wir besitzen genauere chemische Analysen des americanischen Milchsaftes, woraus Cautschuk gewonnen wird, von Fourcroy ***(Annal. de Chimie. T. XI. p. 225. Connoissances chimiq. T. VIII. p. 36)*** und von Faraday ***(Quart. Journal of science and arts. Vol. XXI. p. 19).*** Die von Fourcroy analysirten Saftportionen waren von einer oder vielleicht von mehreren verschiedenen Arten von ***Hevea*** aus Cayenne und Brasilien. Der von Faraday untersuchte Saft war aus dem südlichen Mexico und wahrscheinlich ebenfalls von ***Hevea Cahucha.*** Fourcroy fand, dass in den Flaschen, worin der Milchsaft gesendet war, sich schon von selbst ein schwammiges Gerinnsel gebildet hatte, dessen Grundlage Cautschuk war, aber der flüssige Theil des Saftes enthielt noch Cautschuk, das durch Hitze, durch oxydirt salzsaures Wasser sogleich gerann, aber auch langsam in Form einer elastischen Haut auf der Oberfläche sich abschied, wenn der Saft der Luft längere Zeit ausgesetzt wurde.

Der von Faraday untersuchte Saft befand sich fast in dem Zustande, wie er frisch aus dem Baume fliesst. Es hatte sich nur an der Fläche des Korkstöpsels der Flasche, worin der Saft geschickt worden, ein dünnes Häutchen von Cautschuk gebildet. Der Saft war dickflüssig, blassgelb, gleichförmig von rahmartigem Ansehen, roch unangenehm sauer, fast wie faulende Milch, von **1011 : 74** spec. Gewicht. Er trocknete in dünnen Schichten an der Luft unter Gewichts-

verlust zu Cautschuk von gewöhnlicher Beschaffenheit ein. 100 Theile Saft trockneten zu 45 Theilen fester Masse ein.

Hitze coagulirte den Saft und schied ein festes Cautschukcoagulum aus, während eine wässrige Flüssigkeit übrig blieb. Auch Alkohol bildete ein Cautschukgerinnsel, das sich in der übrigen Flüssigkeit präcipitirte. Der Saft, einige Tage der Luft ausgesetzt, schied sich ebenso durch freiwillige Gerinnung in zwei Theile: einen festen opaken Theil, der obenauf schwamm und das Cautschuk enthielt, und eine dunkelbraune durchscheinende Flüssigkeit, welche die übrigen festen Theile gelöst enthielt, bitter schmeckte und stark sauer reagirte.

Ein Zusatz von 4 Theilen Wasser schien den Saft nur zu verdünnen, die Gerinnung nicht zu verändern; aber das Gerinnen war vollständiger, erfolgte schon binnen 24 Stunden, und das aufschwimmende Cautschuk war weniger mit anderen Theilen vermengt, die sich bei der Gerinnung des reinen Saftes mit demselben verbinden, so dass es sich leichter rein darstellen liess. Auf Thonmassen gestrichen oder in Thonformen gegossen, wird die Feuchtigkeit des Saftes schnell eingesaugt und Cautschuk bleibt in der Form der Thonfläche zurück, so dass Hancock auf diese Art Medaillons anfertigte.

Das oben durch Gerinnung abgeschiedene Cautschuk ist noch milchfarbig, durch Trocknen an der Luft wird es gallertartig durchscheinend. Es besteht nur aus 1 Theil Hydrogen und nahe 7 Theilen Carbogen.

Die bittere und saure braune Flüssigkeit, welche sich nach der freiwilligen Gerinnung und Absonderung des Cautschuks bildete (also das Serum nach unserer Weise der Betrachtung), gerann durch Hitze, Alkohol und Säure und schied Eiweiss aus. Aus dem Serum selbst entwickelte Aezkali einen fauligen Geruch, die trockne Destillation gab viel Ammoniak, so dass sich ein bedeutender Stickstoffgehalt kund gab.

Alkohol zog aus der serösen Flüssigkeit nach dem Abscheiden des Eiweisses noch Wachs und die bittere Substanz. Die Säure war Essigsäure. Das quantitative Verhältniss dieser vortrefflichen, ganz mit den von uns im Kleinen an ähnlichen Säften angestellten analogen Beobachtungen übereinstimmenden Analyse, gibt Faraday so an: Cautschuk **317,0**, Eiweissniederschlag **19,0**, bittere gefärbte stickstoffige Substanz und Wachs **71,3**, in Wasser, nicht in Alkohol lösliche Substanz (wahrscheinlich auch Gummi enthaltend) **29,0**, Wasser und Säure **563,7**.

W. Roxburgh hat die Eigenschaften des Cautschuks überhaupt untersucht, und zugleich die Unterschiede des americanischen (von ***Siphonia Cahucha***) von dem indischen, aus ***Urceola elastica*** und aus ***Ficus elastica*** gewonnenen, angegeben. Das Cautschuk zeigt darin eine chemische Verwandtschaft mit dem Wachs und den Fetten, dass es in der Hitze zu einer ölähnlichen Flüssigkeit schmilzt und, angezündet, wie Oel brennt, nur mit starkem Rauche, so dass man sich desselben auch zu Fackeln und Kerzen bedient. Andererseits deutet die grosse Elasticität und die Unauflöslichkeit in Alkohol und Laugen auf eine Aehnlichkeit mit plastischen organischen Stoffen, wie thierischer Faserstoff, hin, und diese Eigenschaften sind in physiologischer Beziehung besonders wichtig. Selbst die Auflösungen in Aether, Terpentinöl und Cajeputöl sind mehr dickflüssige, klebrige Gemenge, worin das Cautschuk aufgeweicht ist, daher es Alkohol leicht wieder abscheidet. Merkwürdig sind die mancherlei Verschiedenheiten des Cautschuks verschiedener Pflanzen, bei denen sich alle Uebergänge zu den Eigenschaften der Fettarten, des Wachses und der Harze finden.

Das indische Cautschuk von ***Urceola*** ist viel stärker elastisch, als das americanische. Die Auflösungen des americanischen Cautschuks bleiben klebriger und trocknen nicht so leicht, als die des indischen. Das Cautschuk von ***Ficus elastica*** ist unbedeutend elastisch, im Ver-

gleich mit dem americanischen und dem indischen Urceola-Cautschuk, und die Auflösung desselben in Cajeputöl wird durch Alkohol nicht präcipitirt.

§ 40.

Auch die Milchsäfte unserer cultivirten Asclepiadeen liefern Elastin: John fand in dem frischen Milchsafte von ***Asclepias syriaca*:** Harz **22**, Cautschuk **10,4**, kleberartige Substanz **3,3**, Extractivstoff **3,3**, Eiweiss und Weinsteinsäure, in **60,9** Wasser (Chem. Schriften. I. S. **20**). Mineralsäuren coaguliren den Saft, scheiden aber kein Cautschuk aus. Diese, wie ähnliche Analysen, ist aber ohne Berücksichtigung der organischen Elemente des Saftes angestellt, daher die angezeigten Stoffe immer Gemenge darstellen. Nach meinen Beobachtungen finden sich im Serum des Saftes von ***Asclepias syriaca*** Gummi und Säure mit bitterem Extractivstoff. Die Kügelchen des Gerinnsels enthalten Wachsfett (das John, mit Kügelchen gemengt, als Harz betrachtete), und das geronnene Plasma zeigt das Cautschuk, gewöhnlich mit Kügelchen vermengt.

Die Analyse des Milchsaftes von ***Ficus elastica*** durch Nees von Esenbeck und Marquart (Annalen der Pharmacie. T. XIV. S. **145**) und von Geiger und Reimann (Kastner's Archiv. Bd. **14**. S. **142**), zeigen noch mehr die Veränderungen des Cautschuks, vorzüglich nach den verschiedenen Absonderungsmethoden desselben, woraus sich ergibt, dass die ächten allgemein bekannten Eigenschaften des Cautschuks nur da rein bleiben, wo durch eine von selbst erfolgende natürliche Gerinnung die Darstellung erfolgte, und dass künstliche Einwirkungen sogleich Veränderungen, ähnlich wie bei der Faserstoffbildung aus dem Blute, bewirken. Auf diesen wichtigen Umstand ist man bisher noch durchaus nicht aufmerksam geworden.

Geiger und Reimann behandelten den Milchsaft des Feigenbaumes mit Alkohol und Aether in der Absicht, die Bestandtheile

dadurch aufzulösen. Allein wir haben gesehen, dass Aether und Alkohol zunächst nicht als Auflösungsmittel auf das Elastin wirken, sondern den Saft zum Gerinnen bringen, und dass vorzüglich Aether auf diese Art wahres Cautschuk abscheidet, das sich zu einer klebrigen Masse mit ihm verbindet, die nach dem Eintrocknen reines Cautschuk gibt, während nur Wachs sich wirklich in Aether löst.

Die natürliche Absonderung der Theile aus dem Saft konnte bei dieser Analyse nicht stattfinden, daher man lauter Substanzen von gemischten Eigenschaften erhielt: ein klebriges Harz, das noch aus zwei Substanzen besteht, wovon die eine dem Cerin ähnlich ist; einen nicht in Aether löslichen Harzrückstand (das eigentliche veränderte Coagulum); Gummi, Eiweiss und Extractivstoff (die bei natürlicher Sonderung dem serösen Theil angehören), und Spuren von pflanzensauren Salzen.

Nees v. Esenbeck und Marquart beobachteten, dass der eingetrocknete Saft der jungen Zweige von ***Ficus elastica*** von dem ähnlich eingetrockneten der älteren Zweige verschiedene Eigenschaften zeigte. Sie fanden wahres Cautschuk nur in den letzteren, in dem Saft der jungen Zweige aber statt dessen einen klebrigen Stoff, den sie Viscin nennen. Der eingetrocknete Saft der jungen Zweige war weich und klebrig, Weingeist extrahirte daraus ein klebriges Weichharz, und Wasser löste Gummi aus dem Rückstand. Dieser enthielt dann noch ein durch Aether ausziehbares, dem Vogelleim ähnliches Klebharz, welches man Viscin nannte, das sich von der durch Macaire aus ***Atractylis gummifera*** geschiedenen gleichnamigen Substanz dadurch unterscheiden soll, dass letzteres noch Wachs enthalten habe.

Der eingetrocknete Saft des alten Stammes von ***Ficus elastica*** besass alle Eigenschaften des Cautschuks. Aether zog daraus nur ein nicht klebriges und nicht elastisches Wachs, Alkohol ein gelbes Weichharz, Wasser Gummi aus. Das aus dem Safte erhaltene Cautschuk

löste sich zum Theil in Aether; allein es blieb noch weisses Cautschuk zurück. Statt des Viscins war also in dem älteren Cautschuk vorhanden, woraus die Herren Nees und Marquart schliessen, dass das Viscin der jüngeren Triebe durch den Lebensprocess in Cautschuk umgebildet werde. Dieses scheint auch allerdings so zu sein, um so mehr, als wir sonst alle Uebergänge des Cautschuks in klebrige Harze sehen. Allein Viscin und Elastin sind nicht so getrennt, als die Herren Nees und Marquart glauben, vielmehr findet sich auch im ausgebildeten Milchsaft vieler Pflanzen Viscin, welches aber nur aus dem Gemenge von grösseren Mengen wachsfetthaltiger Kügelchen mit dem Gerinnsel sich bildet, so dass hierdurch die verschiedenen Arten des klebrigen Cautschuks entstehen, welche man bisher sehr wohl schon unterschieden, wenn gleich nicht immer benannt hat (z. E. von ***Sapium aucuparium,*** den Euphorbien). Der Grund dieser Verschiedenheiten liegt allein in der verhältnissmässig grossen Menge von Kügelchen, die sich mit dem Gerinnsel verbinden und in der geringeren Menge von Elastin, wodurch ein Gemenge von den Eigenschaften des Viscins entsteht. Dieses lässt sich oft noch in wahres Elastin und Wachsfett sondern, indem man durch heissen Alkohol das Wachsfett auszieht, wonach das Elastin zurückbleibt. Die Sonderung ist aber schwierig und gelingt oft nur unvollkommen, daher denn ein Theil des Cautschuks immer als Klebharz erscheint.

In den genannten Pflanzen tritt das Elastin in überwiegenden Verhältnissen auf. Wir finden nun noch viele andere, deren Lebenssäfte es bei'm Gerinnen und Eintrocknen in geringerer Menge bilden. Man betrachtete die Milchsäfte unserer Euphorbien früher als rein harzige Substanzen. Wahlenberg machte indessen schon darauf aufmerksam, dass sich in dem flüssigen Milchsafte von ***Euphorbia palustris*** Cautschuk finde. Er sagt, dass ein Tropfen Milchsaft von ***Euph. palustris*** auf einer Glasplatte gerinne, und ein Coagulum und eine

durchsichtige Flüssigkeit entstehe. Nach einigen Stunden fliesse das Coagulum mit der Flüssigkeit zu einer durchsichtigen homogenen Masse zusammen, welche ganz die Eigenschaften des Cautschuks besitze, namentlich dieselbe Elasticität und Verbrennungsfähigkeit zeige. Auch der mit Wasser vermengte Saft coagulire, und nach dem Abfiltriren des Wassers, welches den scharfen Geschmack der Pflanze besitze, bleibe eine Cautschukmasse zurück (Wahlenberg ***de sedibus materiarum immediatarum in plantis. Upsal. 1806, 1807. p. 65, 66***). Später hat sich John genauer mit der Analyse des Milchsaftes von ***Euphorbia Cyparissias*** beschäftigt. John schied schon das Gerinnsel von dem Serum durch das Filtrum ab und fand, dass aus dem eingetrockneten Safte, der das fettige und durchscheinende Ansehen von Wachs habe, durch Aether Cautschuk dargestellt werden könne. Die Bestandtheile dieses Saftes sind nach John: gelbgraues Harz 13,8, Cautschuk 2, gelbliches Gummi 2,75, Eiweissstoff 1,37, extractive Materien mit Salzen und Weinsteinsäure 2,75, etwas fettes Oel und 77 Wasser (Chemische Schriften. 2. S. 16). Hierdurch aufmerksam gemacht, unternahm zuerst Mühlmann in Züllichau eine neue Analyse des officiellen Euphorbium's, und fand in 500 Theilen: 16 Cautschuk, 70 Wachs, 270 Harz von eigenthümlicher Beschaffenheit, nur theilweise in Mandelöl und Aetzkalilauge löslich, 108 apfelsaures Kali und Kalk (Berlinisches Jahrbuch der Pharmacie. 1818. S. 141). Der Cautschukgehalt stimmt auch ganz mit den von mir oben angegebenen mikroskopischen Beobachtungen an ***Euphorbia Caput Medusae*** und ***Euphorbia meloformis*** überein; das Harz nähert sich mehr dem Wachs der Kuhbaummilch.

Nicht minder weist die chemische Analyse in den Milchsäften der Cichoraceen Cautschuk nach. Man erhält nur zur Untersuchung zu geringe Mengen. Schütz gewann durch feine Einschnitte in den Stengel aus einer Pflanze von ***Lactuca sativa*** 17 Gran, von ***L. scariola***

26 Gran, von ***L. virosa*** 56 Gran. Letztere ist also am reichsten und daher wohl die Verschiedenheit der Wirkung. Pfaff erhielt aus 8 Grammen getrockneten Milchsaftes von ***Lactuca virosa:*** Cautschuk 1,8, Wachs 0,7, trocknes Harz, verbrennlich, 0,6, im Wasser lösliche Theile 4,1, Feuchtigkeit 0,8. 8 Grammen getrockneten Milchsaftes von ***Lactuca sativa*** enthielten: Cautschuk 1,4, Wachs 0,8, Harz 0,55, im Wasser löslichen bitteren Extractivstoff 4,4. Beide Milchsäfte schmecken bitter ***(Diss. de Lactucae virosae et sativae analysi chemica. Auct. H. Klink. Kiel 1820).***

Ich habe mit dem Milchsaft von ***Lactuca Scariola*** einige Versuche angestellt. Der Saft wird an der Luft bräunlich, und durch die Gerinnung scheidet sich ein weisses Gerinnsel von dem braunen Serum ab. Das Gerinnsel, in einem silbernen Löffel über Feuer eingetrocknet, bildet eine elastische Masse mit den Eigenschaften des Cautschuks. In grösserer Hitze erweicht es sich und schmilzt; angezündet, verbrennt es, wie Cautschuk, mit brausender Flamme. Das Serum schmeckt bitter und lässt Gummi nach dem Eintrocknen zurück. Ganz ähnlich verhält sich der Milchsaft von ***Sonchus oleracens.*** Uebergiesst man das Gerinnsel mit Aether, so löst dieser Wachsfett aus den Kügelchen auf und zugleich erhält er das reine Cautschuk in sich schwebend, während die Kügelchen selbst zu Boden fallen und durch's Mikroskop erkennbar sind. Lässt man den Aether verdunsten, so bleibt eine elastisch klebrige Masse zurück, aus der man durch Alkohol das Wachsfett auflösen kann, während das ganz reine Cautschuk zurückbleibt. Im Serum ist Gummi enthalten, das man aus der wässrigen Auflösung durch Zusatz von Alkohol präcipitiren kann. Bitterer Stoff bleibt noch in der Flüssigkeit gelöst.

In dem Milchsafte von ***Leontodon Taraxacum*** hat John gefunden: Cautschuk, bitteren Extractivstoff, Spuren von Harz und Gummi, freie Säure und salzsaure und schwefels. Salze (Chem. Schrift. 4. S. 1).

Eben so enthalten die Milchsäfte der Papaveraceen Cautschuk und Wachs, neben den übrigen Bestandtheilen. Wir wissen leider immer nicht, ob das Opium der reine eingetrocknete Milchsaft oder eine zugleich durch Auspressen und Auskochen erhaltene Extractmasse ist, doch zeigen die Analysen den Cautschukgehalt dessen ungeachtet. In dem durch Verwunden der unreifen Mohnkapseln nach dem Eintrocknen des Milchsaftes gewonnenen einheimischen Opium haben Vauquelin und Pagenstecher, in dem ostindischen ***Robiquet*** Cautschuk nachgewiesen, das sie durch Extraction mit Aether erhielten. Auch Wachs, Eiweissstoff und Harz fehlen nicht (vergl. Pfaff System der ***materia medica. T. VI. p. 485***). Wenn man nun bedenkt, dass Aether keinesweges das Cautschuk ganz auflöst, so ist ersichtlich, dass die bisher angewendete Methode gar nicht geeignet ist, den ganzen Cautschukgehalt aus den eingetrockneten Milchsäften darzustellen, und dass sie sicherlich eine weit grössere Menge enthalten, als bisher angegeben worden ist. Die bitteren, extractivstoffigen und salzigen Theile der Milchsäfte gehören nie dem Plasma, sondern dem Serum an, wie wir oben gezeigt haben, und die Gruppirung der Milchsäfte nach solchen Bestandtheilen, wie sie Decandolle versucht hat, ist daher für die Physiologie ganz verfehlt.

Dass die Familie der Campanulaceen in dem Milchsafte Cautschuk enthält, davon kann man sich an einem Tropfen Milchsaft von ***Campanula rapunculoides*** überzeugen, der nach der, besonders unter Umrühren erfolgenden Gerinnung deutliche Cautschukbildung zeigt, wie denn auch aus dem Milchsafte von ***Lobelia Cautschuc*** in Quito Federharz bereitet wird.

John und Carradori hatten schon früher die Verschiedenheiten des Federharzes einheimischer Pflanzen (Euphorbien, Cichoraceen, Papaveraceen, Asclepiadeen) angegeben. Das Cautschuk der Euphorbien-, Asclepias- und Ficus-Arten ist gelb, an der Luft sich bräunend,

in der Kälte hart und spröde, bei gewöhnlicher Temperatur elastisch, aber weniger als das americanische. Es schmilzt leichter, wird zu einer theerartigen, klebrigen Flüssigkeit, die bei'm Erkalten wieder fest wird (John, Chemische Schriften. I. S.34. II. S.6. Carradori in Gehler's A. 6. S.640).

§ 41.

Inzwischen scheinen auch die Milchsäfte einiger tropischen Pflanzen bei der Gerinnung nur wenig Cautschuk zu bilden, das in Verbindung mit den überwiegenden Bestandtheilen der Kügelchen, insbesondere dem Wachsfett, ein mehr klebriges viscinartiges Federharz darstellt, wohin namentlich die Milch des Kuhbaumes gehört. Von diesem höchst interessanten Milchsaft haben wir die erste Kenntniss durch Al. v. Humboldt erhalten *(Voyage aux régions équinoxiales du nouveau continent. T. V. Paris 1820. p. 258).* Der Baum wächst auf den Küstencordilleren von Venezuela, und liefert den Negern und Eingeborenen eine beliebte Nahrung, die sparsamer und reichlicher aus verschiedenen Bäumen fliesst, welche die Einwohner an der Stärke und der Farbe des Laubes unterscheiden. Bei'm Aufgang der Sonne fliesst diese vegetabilische Quelle am reichlichsten *(l. c. p. 264).* Auch die Garten-Pflanzen, ***Asclepias syriaca, Papaver somniferum, Ficus Carica*** gaben mir in der feuchten und kühlen Abend- und Morgenluft immer reichlicheren Milchsaft, weil er weniger zähe ist und reichlicher fliesst. Selbst die Cyklose des Saftes findet man in feuchter Luft unter solchen Verhältnissen lebhafter.

Ueber die Bestandtheile dieses Saftes im Vergleich mit den übrigen Milchsäften sind durch die, ohne gehörige Rücksicht auf die natürliche Sonderung der Bestandtheile durch die von selbst erfolgende Gerinnung vorgenommenen, chemischen Analysen von Boussingault und Rivero, Thomson und Solly einige Irrthümer entstanden, nach denen man diesem Saft die freiwillige Gerinnung und

Cautschukbildung ganz abgesprochen hatte. Inzwischen hatte schon Al. v. Humboldt nach seinen aus dem Grossen geschöpften Erfahrungen bestimmt gesagt, dass der Saft gerinne und dies Gerinnsel vom Volke mit dem Namen des Käses belegt werde, ferner, dass sich an der mit der Luft in Berührung stehenden Oberfläche zähe, fadige Häute bilden, welche elastisch, beinahe wie Cautschuk seien, und dass hier Eiweiss und Zucker mit Cautschuk vermischt erscheinen, weil schon der klebrige Geschmack, der bei allen Milchsäften von Cautschuk herrühre, auch hier auf Cautschuk hindeute, was noch mit den übrigen Bestandtheilen gemengt sei. Die Herren Boussingault und Rivero indessen, welche eine ausführliche Analyse des Saftes anstellten, läugneten die Anwesenheit von Cautschuk gänzlich und auch die Gerinnung des Saftes (***Annales de Chimie et de Physique. T. XXIII. p. 220***). Die freiwillige Gerinnung dieses Saftes scheint überhaupt sehr langsam, ähnlich wie bei ***Asclepias syriaca,*** zu geschehen, und in verstopften Flaschen bei'm Ausschluss der Luft lange Zeit verhindert zu werden, daher denn sowohl der von den Herren Boussingault und Rivero in America selbst, als auch der von Thomson und Solly in England analysirte Saft noch ungeronnen war. Sonderbar geben nun Boussingault und Rivero an, der Saft gerinne auch durch Säuren und durch Kochen nicht, und unterscheide sich dadurch von der Milch der Kühe, während indessen v. Humboldt bemerkte, dass schon kaltes Wasser eine leichte Gerinnung erzeuge und Salpetersäure das Gerinnen sehr begünstige. Thomson (***on the milk of the cow-tree in Transact of the royal Society of Edinburgh. Vol. XI. 1831. p. 285.*** f.) bemerkte auch, dass nach einem 4 Monate langen Stehen der Saft sich in ein weisses Gerinnsel und eine braune Flüssigkeit geschieden habe, ohne dass er jedoch dieses natürliche Gerinnsel untersucht hätte. Es würde ihm nämlich, ähnlich wie der Saft von ***Ficus elastica,*** den man in Indien bis zum Stinkend-

werden des Serum's stehen lässt, die Anwesenheit von Cautschuk gezeigt haben. Thomson fand aber, dass Salpetersäure, Salzsäure und Schwefelsäure eine Gerinnung erzeugen, aber er beachtete nicht, dass Mineralsäuren zuerst die eiweissartigen Stoffe des Serum's coaguliren, und konnte die verschiedenen Stoffe aus dem Gerinnsel nicht abscheiden; daher blieb diese Seite der Sonderung der Bestandtheile ganz unbeachtet. Solly fand ferner, dass nach dem Zusatz von Wasser nach einigen Stunden Ruhe ein geringes Coagulum sich absetze, und dass bei'm Aufkochen eines Gemenges von Saft mit Wasser augenblickliche Gerinnung eintrete ***(on the Palo de Vaca or Cow Tree of South America in Philosophical Magazine and Journal of science. Vol. XI. Lond. 1837. p. 454)***, jedoch benutzte er eben so wenig diese natürliche Sonderung zur weiteren Scheidung der Bestandtheile. Vielmehr bedienten sich Boussingault und Rivero des Verfahrens, den ganzen flüssigen Saft einzutrocknen und den trockenen Rückstand zu schmelzen, wodurch die wachsartigen Bestandtheile zwar zum Theil isolirt, das übrige Wachs aber von dem faserigen Rückstande, dessen Bildung bei vorhergehender Selbstgerinnung vollkommen gewesen sein würde, aber durch das schnelle Eintrocknen und Schmelzen nur unvollkommen sein konnte, nicht rein getrennt wurde. Auf diese Art geben die Herren Boussingault und Rivero folgende Bestandtheile in der Milch des Kuhbaumes an: 1) Wachs, als Hauptbestandtheil, bei 60° schmelzbar, in heissem Alkohol, ätherischen und fetten Oelen löslich, mit Alkalien Seife bildend. 2) Faserstoff, dem thierischen Faserstoff ähnlich, in geringer Menge. 3) Zucker, und 4) Magnesiasalz. Thomson trennte bei seiner Methode noch weniger den wachsartigen Bestandtheil von dem Faserstoff (dem Cautschuk), indem er die eingetrocknete Saftmasse mit heissem Alkohol digerirte, wobei die Masse der Kügelchen in der Auflösung der Fettwachstheile schweben bleibt, ein grosser Theil von beiden aber von dem Rück-

stande getrennt wird, der den Faserstoff enthalten sollte. Er verglich den Faserstoff mit der Korksubstanz, die von der inneren Rinde des Kuhbaumes in den Saft gekommen sein möchte. Thomson beschränkte sich also auf die Beschreibung des wachsartigen Bestandtheils, den er mit dem Namen „Galactin" belegt, weil er sich vom Bienenwachse merklich unterscheide, manche Eigenschaften der fetten Oele habe, z. B. einen Fettfleck auf dem Papier zurücklasse, und mit viel glänzenderen Farben brenne, als Wachs, leichter löslich in Aether und Alkohol sei, keine Seife mit Alkalien bilde, bei'm Schmelzen auf Wasser viel Wasser einsauge und eine opake klebrige Masse, wie Gluten, darstelle, auch, zwischen den Zähnen erweicht, klebrig und plastisch sei. Alles dieses zeigt indessen, dass das Galactin von Thomson ein Gemenge von nicht gesondertem Cautschuk, mit unveränderten Saftkügelchen und mit dem fettwachsigen Bestandtheile ist, der sich in allen Milchsäften findet. Zucker konnte Thomson nicht crystallinisch ausscheiden, obgleich Weingeist einen süsslichen Geschmack von dem Auszuge des eingetrockneten Saftes erhielt.

Solly zog aus dem eingetrockneten Safte durch Aether den wachsartigen Bestandtheil (den er ebenfalls Galactin nennt); der Rückstand, mit Wasser behandelt, gab Gummi ab, und hinterliess noch Gluten und Albumen, welche, dem Verfahren nach zu urtheilen, den übrig bleibenden Saftkügelchen angehören. Auch dieses Galactin ist, der Entstehung und den Eigenschaften nach, ein Gemenge von Cautschuk und Fettwachs. Boussingault sowohl, als auch Thomson und Solly, fanden den Saft von Essigsäure sauer reagirend.

Neuerlich hat Marchand eine interessante Arbeit über die chemische Analyse der Milch des Kuhbaumes geliefert, welche durch Herrn Otto jun. aus Caraccas gesendet war (Erdmann und Marchand, Journal für praktische Chemie. Bd. 21. Hft. 1. S. 43 f.). Dieser Milchsaft war wahrscheinlich durch den längeren Transport und durch

die Sommerhitze (er war im Mai aus Caraccas abgesandt und im Juli in Berlin angelangt) geronnen und in Gährung übergegangen; es entwickelte sich Kohlensäure unter Aufbrausen, woraus Marchand folgert, dass die von Boussingault und Rivero gefundene Zucker-Art der weinigen Gährung fähig und Rohrzucker sein werde. Die Säurebildung im Safte schreibt Marchand nur der Kohlensäure zu, jedoch sicher mit Unrecht, da alle mir bekannten Milchsäfte unserer cultivirten Pflanzen ebenfalls sauer reagiren, und ich bei eigener Prüfung der Kuhbaummilch in dem Verhalten der Säure keinen Unterschied finde. Der Saft war nicht mehr gleichförmig, sondern bereits käseartig geronnen und zeigte die Gerinnsel klumpig und zusammengeballt. Hier war also die natürliche Elastinabsonderung bereits geschehen, und so gelang es Marchand besser, als Boussingault, Thomson und Solly, das Cautschuk aus dem Safte darzustellen. Marchand bediente sich auch einer besseren Methode, insofern er den Saft nicht erst eintrocknete, sondern im feuchten Zustande sogleich mit kaltem Alkohol behandelte, dann den Rückstand trocknete und mit schwachem heissen Alkohol digerirte. Er erhielt auf diese Art etwas Buttersäure und zweierlei Harze, von denen das durch schwachen heissen Alkohol extrahirte crystallinisch eintrocknete. Nach Auflösung dieser Harze wurde dann durch heissen absoluten Alkohol die wachsartige Substanz ausgezogen, von welcher auch Marchand angibt, dass sie sich nicht verseife und daher zu den Harzen zu rechnen sei. Im unaufgelösten Rückstande zeigte sich dann, dass diejenige Substanz, welche Boussingault als Faserstoff bezeichnet hatte, sich genau wie Cautschuk verhielt und durchaus kein Ammoniak gab, was auf eine thierische Natur hätte hindeuten können, aber vom wahren Cautschuk sich dadurch unterschied, dass es 8 pCt. Sauerstoff enthielt, während nach Faraday in der Zusammensetzung des wahren Cautschuks kein Sauerstoff ist. Phosphorsäure und kohlensaure Magnesia

waren die Salze. Der Nachweis des Cautschuks, in einem etwas veränderten Zustande, macht diese Analyse sehr werthvoll, indem sie mit den Ergebnissen der Gesammtbeobachtungen an allen übrigen Milchsäften vollkommen übereinstimmt, doch sind die im Wasser löslichen Stoffe, besonders das Gummi, das sich im Serum aller Milchsäfte findet, nicht berücksichtigt.

§ 42.

Herr Eduard Otto hatte zwei Portionen Milchsaft vom Kuhbaume aus Caraccas gesendet, und da es mir sehr wünschenswerth war, eine vergleichende Untersuchung dieses Saftes, mit Rücksicht auf seine mikroskopischen Bestandtheile, anzustellen, so theilte mir Herr Gartendirector Otto, mit Genehmigung des Wirklichen Geheimen Raths Herrn v. Olfers, die zuletzt gesendete Portion bereitwillig mit, was ich um so dankbarer erwähne, weil hierdurch zum erstenmale die Gelegenheit gegeben wurde, einen der technisch und öconomisch benutzten tropischen Milchsäfte überhaupt mikroskopisch zu untersuchen, und die Vortheile der Kenntniss der mikroskopischen Elemente auf die Sonderung der chemischen Bestandtheile bei der Analyse zu benutzen. Alle chemischen Untersuchungen der Milchsäfte überhaupt, und insbesondere auch die schöneren Analysen des Milchsaftes von ***Hevea guyanensis*** durch Fourcroy und Faraday, dann die Untersuchungen des Milchsaftes vom Kuhbaum durch Rivero und Boussingault, durch Thomson und Solly, auch die neueste von Marchand, waren ohne Bekanntschaft mit den mikroskopischen Theilen der Säfte gemacht worden. Nach Analogie der von uns mikroskopisch und chemisch untersuchten cultivirten Milchsäfte war daher vor allen Dingen zu prüfen, welchen mikroskopischen Theilen des Saftes die bereits von den Chemikern abgeschiedenen Stoffe eigentlich angehören. Wir haben bereits oben bei Beschreibung der Saftkügelchen gesehen, dass sich der Milchsaft des Kuhbaumes dem Milch-

safte der Feigenbäume sehr nähert, indem er lauter ziemlich gleichgrosse kugelrunde und (im ungeronnenen Zustande wahrscheinlich) isolirte Kügelchen enthält. Die unermessliche Menge dieser den Saft gedrängt füllenden Kügelchen machte es schon erklärlich, dass die Bestandtheile der Kügelchen auch vor allen überwiegend hervortreten, wohin namentlich der Bestandtheil gehört, den wir bei allen Milchsäften Wachsfett genannt haben, den aber die Herren Rivero und Boussingault „Wachs", Thomson und Solly „Galactin" nennen, und der von Marchand als eine Art Harz bezeichnet wird. Was jedoch die Absonderung dieses, wie auch der übrigen chemischen Bestandtheile betrifft, so schien es zweckmässig, nach Analogie der Beobachtungen, welche wir an den cultivirten Milchsäften so vielfältig gemacht haben, vor allen Dingen die durch die Selbstgerinnung des Saftes erzeugte natürliche Sonderung der Theile bei der chemischen Analyse zu benutzen und zuerst diejenigen Theile von einander zu sondern, welche sich durch die Gerinnung des Saftes von selbst schon von einander geschieden hatten: nämlich die Bestandtheile des Serum's und diejenigen des Gerinnsels.

Flüssiges Serum hatte sich in dem Safte sehr wenig abgeschieden, doch machte es sich als ein durchsichtiges, bei Berührung mit der Luft sich rosenroth färbendes Fluidum, das keine Saftkügelchen mehr enthielt, zwischen den Gerinnseltheilen bemerklich. Um die dem Gerinnsel anklebenden Theile des Serums ganz zu trennen, übergossen wir zuerst die ganze Saftmasse mit destillirtem Wasser, wodurch das Serum verdünnt und mit seinen festen, in Wasser löslichen Bestandtheilen gänzlich vom Gerinnsel durch Filtration getrennt werden konnte. Die Bestandtheile des Serum's waren nun folgende: Bei'm Oeffnen der Flasche zeigte sich hier ebenfalls der Saft in Gährung begriffen und das Serum von Kohlensäure aufbrausend. Dass diese Gährung durch den im frischen Safte vorhanden und nach der Gerin-

nung im Serum aufgelöst gewesenen Zucker bedingt war, scheint nach den an Ort und Stelle gemachten Beobachtungen von Boussingault keinem Zweifel zu unterliegen. Weingeist zog indessen aus dem eingetrockneten Serum noch eine bräunliche in Wasser ganz wieder lösliche Substanz aus, die süss schmeckte, aber, auf Glas eingetrocknet, keine deutlich erkennbaren Krystalle unter dem Mikroskop zeigte.

Die Säure des Saftes war allein in dem Serum enthalten, das Gerinnsel zeigte sich ganz neutral. Nach Entweichung der Kohlensäure war aber noch eine mit Wasser überdestillirbare Säure, die sich als Essigsäure zeigte, vorhanden.

Das mit Wasser verdünnte Serum wurde durch Sieden, durch Zusatz von Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure, nicht im mindesten getrübt, enthielt also kein Eiweiss. Aetzendes Kali machte eine schwach opalisirende Trübung, entwickelte jedoch keinen merklichen Ammoniakgeruch, den Boussingault in dem gährenden Safte bemerkt hat.

Alkohol war die einzige Substanz, welche das Serum stark trübte. Das Präcipitat löste sich sogleich ganz wieder in Wasser auf, gleich dem Gummi. Die präcipitirte alkoholhaltige Flüssigkeit wurde durch Eisenchlorid röthlich, enthielt also essigsaure Salze.

Durch Eintrocknen des Serum's erhielt ich eine bräunliche Masse, die sich aber nicht völlig wieder in Wasser löste. Das Aufgelöste hatte alle Eigenschaften von Gummi. Der unbedeutende Rückstand war in Alkohol unlöslich, Aetzlauge löste ihn zu einer trüben Flüssigkeit auf. Die Substanz schien eiweissähnlich, doch gerann das Serum durch Kochen nicht.

Gummi, Zucker und essigsaure Salze waren hiernach die wesentlichsten Bestandtheile des Serum's. Das Gerinnsel, nach Absonderung des Serum's, enthielt nun alle Kügelchen eingeschlossen, und musste

neben diesen noch die an die Kügelchen gebundene Wachsfettmasse, dann aber auch das durch Gerinnen des Plasma entstandene Elastin enthalten, welches die Herren Boussingault und Rivero wohl im unreinen Zustande, mit den Kügelchen vermengt, als Faserstoff bezeichnen. Die Sonderung dieser Substanzen versuchte ich nun, weil ich die Schwierigkeit derselben aus der Analogie der übrigen Milchsäfte hinreichend kannte, durch mehrere Methoden.

Eine Portion des feuchten Gerinnsels wurde nach der Methode von Boussingault in einem silbernen Löffel über Feuer eingetrocknet, um das Wachsfett aus den Kügelchen auszuschmelzen. Hierbei fand sich aber, dass bei dem frischen nicht geronnenen und bei dem geronnenen Safte, den wir vor uns hatten, eine Verschiedenheit stattfindet. Bei'm Schmelzen des frischen Saftes nämlich zeigt sich schon vor dem Verdunsten des Wassers das Wachs in Form von Oeltropfen auf dem Wasser schwimmend, die sich dann zu einer gleichförmigen fliessenden Masse vereinigen, worin die nicht schmelzbaren Theile, nämlich die nackten Kügelchen und das Elastin (Boussingault's Faserstoff) schwimmen. Diess war aber bei dem Schmelzen unseres geronnenen Saftes nicht der Fall, sondern die eingetrocknete Masse erweichte sich nur zu einer halbflüssigen Consistenz, worin man aber mit blossen Augen keine Oeltropfen erkennen konnte, während jedoch unter dem Mikroskop zwischen den Saftkügelchen durch Ausschwitzen aus diesen gebildete feine Tröpfchen sich unterscheiden liessen, die sich aber bei'm Schmelzen nicht zu einer Masse vereinigten, und von den nicht schmelzbaren Theilen auch nicht sonderten, sondern mit den Kügelchen und dem Elastin zu einer gleichförmigen Masse zusammenschmolzen. Es scheint also durch die Gerinnung des Saftes und das Zusammenkleben der Kügelchen in Klumpen, die Sonderung des Wachsfettes von den Kügelchen und dem Elastingerinnsel bei'm Schmelzen verhindert zu werden. Das weisse Gerinnsel schmolz also

zu einer braunen klebrigen Masse zusammen, worin alle Theile (Wachsfett, Elastin und Kügelchen) vereinigt blieben, die sich aber später noch durch Aether und Alkohol von einander trennen liessen.

Eine zweite Portion des Gerinnsels behandelten wir zuerst mit Alkohol, der in der Wärme das Wachsfett auflöst. Hierdurch wurde aber, da die Kügelchen von dem Elastingerinnsel eingeschlossen sind, keinesweges alles Wachsfett ausgezogen, sondern ein grosser Theil blieb mit dem Elastin und den Kügelchen verbunden, und machte später die reine Absonderung des Elastins unmöglich, woher es denn auch wohl gekommen ist, dass Thomson das unreine mit Kügelchen vermengte Elastin für Korksubstanz hielt. Bei der Marchandschen Analyse blieb auch das Gummi aus dem ungesonderten Serum in dem Rückstande übrig, woher wohl der Sauerstoffgehalt des von ihm erhaltenen Cautschuks rühren kann. Der heisse Alkohol, mit dem das Gerinnsel digerirt war, setzte aber nicht, wie Thomson angibt, bei'm Erkalten alles aufgelöste Wachsfett ab, sondern nur einen Theil; das meiste blieb im Alkohol nach dem Erkalten gelöst, und konnte durch Zusatz von Wasser, wodurch der Alkohol ganz milchig, wie der Milchsaft selbst wurde, abgeschieden werden. Durch Filtration liess sich dann das schneeweisse Wachsfett sondern.

Am besten gelang mir die Sonderung der Substanzen des Gerinnsels durch directe Behandlung desselben mit Schwefeläther. Es wurde die dritte Portion des feuchten Gerinnsels wiederholt mit Schwefeläther geschüttelt und dann ruhig hingestellt. Hierbei bildeten sich zwei übereinander stehende Bodensätze, ein unterer schwarzgrauer, ein oberer weissgrauer, später entstehender, beide durch eine scharfe Trennungslinie gesondert. Der Aether selbst blieb trübe, selbst nach dem Filtriren. Nach dem Abziehen des über den Bodensätzen stehenden Aethers blieb also die Substanz zurück, welche Thomson Galactin nennt. Sie zeigte sich aus einem Gemenge von reinem Wachsfett

und in Aether aufgeschwemmt gewesenem Elastin bestehend. Alkohol löste in der Wärme das reine Wachsfett daraus auf. Dieses liess sich noch in zwei Theile sondern. Ein Theil nämlich schied sich durch Erkalten des Alkohols von selbst ab; der andere Theil, welcher gelöst blieb, wurde durch einen Zusatz von Wasser, wodurch der Alkohol milchig wurde, getrennt und durch's Filtrum abgesondert. Ausser der Auflöslichkeit in kaltem und heissem Alkohol unterscheiden sich beide Wachsfettarten dadurch, dass das in der Kälte abgeschiedene härter, schwerer schmelzbar und zu Pulver zerreiblich, sonst von gelblicher Farbe ist. Dieser Theil enthält noch Saftkügelchen. Das im kalten Alkohol lösliche ist nach dem Schmelzen schneeweiss, leichter zu erweichen und fühlt sich fast stearinartig an. Diess macht den grösseren Theil aus. Beide Wachsfettarten lassen sich durch Aetzlauge nicht eigentlich verseifen. Durch längeres Kochen und Stehen löst aber die Aetzlauge etwas davon zu einer in Wasser auflöslichen Masse auf, die dem Wasser aber nicht die Eigenschaft, zu schäumen, mittheilt. Durch directe Extraction der gesammten getrockneten und geschmolzenen Saftmasse mit Alkohol erhielt ich das Wachsfett von ähnlicher Beschaffenheit.

Da das Elastin in Aether nicht eigentlich auflöslich ist, sondern nur im aufgequollenen Zustande darin schwebend erhalten wird, auch hinwiederum nicht gänzlich im Aether aufquillt, so hat nicht nur die Abscheidung desselben überhaupt, sondern auch die Reinigung der übrigen Bestandtheile von Cautschuk die grössten Schwierigkeiten, und wahrscheinlich enthält Alles, was bisher als Cautschuk beschrieben worden ist, mehr oder weniger Saftkügelchen und Wachsfett beigemengt. Wir suchten die Abscheidung auf mehrerlei Art zu bewerkstelligen. Zuerst blieb etwas ganz reines Elastin nach der Behandlung der eingetrockneten ätherischen (vor dem Eintrocknen trüben) Solution mit Alkohol übrig. Dann aber enthielt der oberste Bodensatz,

welcher sich nach dem Schütteln des Gerinnsels mit Aether bildet, eine grössere Menge Elastin, mit einer sehr geringen Menge Kügelchen vermischt. Dieses Gemenge ist an sich schon sehr elastisch, aber in der Kälte durch die grosse Menge beigemengter Kügelchen noch brüchig. Wird es wiederholt mit Aether geschüttelt, so schwemmt abermals der Aether das Elastin auf, und die Kügelchen setzen sich zu Boden, so dass bei schneller Sonderung des ersten Bodensatzes das Elastin nach dem Verdunsten des trüben Aethers ziemlich rein zurückbleibt.

Die nun nach der Trennung des Wachsfettes und des Elastin's aus dem Gerinnsel übrig bleibende Substanz enthält die Masse von erschöpften Kügelchen des Saftes, welche hier wegen der ausserordentlich grossen Zahl der Kügelchen sehr bedeutend ist. Die Kügelchenmasse verhält sich chemisch ganz und gar wie Pflanzenfaser, hat aber eigene physikalische Eigenschaften. Die Farbe der getrockneten Kügelchenmasse ist dunkelschwarzgrau, die Consistenz hart, bröcklich, fast zerreiblich. Bei einer Temperatur von 80—100° R. schmilzt sie zu einer schwarzen, theerartig-zähen, etwas elastischen Masse zusammen, worin man, unter dem Mikroskop ausgebreitet, immer noch die Kügelchenreste, als schwarze Puncte, die aber sämmtlich zusammenkleben, unterscheidet. Bei'm Erkalten nimmt sie ihre frühere Beschaffenheit wieder an. Ich zweifle daran, dass diese Masse gänzlich von allem Wachsfett und noch weniger von allem Elastin zu befreien ist, doch scheinen ihre eigenthümlichen Eigenschaften von diesen Stoffen unabhängig. Sie ist in den früheren Analysen immer mit den anderen Bestandtheilen vermengt geblieben, und das Gemenge von kleineren Quantitäten Kügelchen mit Elastin thut auch den elastischen Eigenschaften desselben keinen Eintrag.

Das quantitative Verhältniss der in dem Milchsafte des Kuhbaumes vorhandenen Bestandtheile ergab sich nach Berechnung der durch

verschiedene Methoden gesonderten Stoffe folgendermaassen. In 300 Gran des gesammten Milchsaftes waren 250 Gran Wasser und 50 Gran feste Theile, die also ⅙ des Ganzen betrugen.

Diese enthielten nun:

Gummi, Zucker, Säuren, Salze	8	Gran.
Elastin	6	„
Wachsfett	20	„
Kügelchenrückstand	14	„
Verlust	2	„

Wollte man, mit Rücksicht auf die chemischen und organischen Bestandtheile des Milchsaftes vom Kuhbaume, einen Vergleich desselben mit der Kuhmilch anstellen, so würde man folgende Parallele erhalten. Dem in der Kuhmilch aufgelösten Käsestoff und dem Milchzucker würde das im Serum des Kuhbaummilchsaftes aufgelöste Gummi, nebst dem Zucker und der Essigsäure entsprechen. Der als Fettkügelchen in der Milch sewimmenden Butter würden die wachsfetthaltigen Saftkügelchen, welche dem Lebenssafte, ähnlich wie die Butterkügelchen der Milch, die Milchfarbe geben, entsprechen. Da aber die Saftkügelchen mit Wachsfett nur durchdrungen und umgeben sind, und nach Auflösung desselben als organische Gebilde zurückbleiben, so zeigt hier der Vergleich eine grosse Verschiedenheit des Milchsaftes von der Thiermilch, die noch grösser wird, wenn man den in den Lebenssäften überhaupt enthaltenen Gehalt an Elastin oder Cautschuk in Anschlag bringt, welcher in der Thiermilch kein analoges Product hat. Die nährende Kraft der Kuhbaummilch kann hiernach unmöglich so gross sein, als in der thierischen Milch. Die Aehnlichkeit betrifft mehr das äussere Ansehen, die Stoffe aber sind sehr verschieden. Die nährenden Substanzen müssten das Gummi und das Wachsfett sein, allein diese sind sicherlich viel schwerverdaulicher, als Butter und Käse.

Von nicht geringerem physiologischen Interesse, als der Milchsaft des Kuhbaumes von Caraccas, erscheint der Saft des Milchbaumes von Demerara (Hya-Hya), von welchem Dr. Smith im Jahre 1830 die erste Nachricht gab, und der nach den von ihm an Jameson gesendeten Exemplaren von W.-Arnott als eine Art von ***Tabernaemontana (Tab. utilis*** W.-Arn.) bestimmt wurde. Die Pflanze kommt nach W.-Arnott der ***Tabernaemontana citrifolia*** sehr nahe, und da wir bereits in unserem französischen Memoire (tab. 9. fig. 1. 2.) die Lebenssaftgefässe von ***Tab. citrifolia*** abgebildet haben, welche den Milchsaft bei dieser Pflanze enthalten, so scheint nach dieser Analogie kein Zweifel, dass sie sich ähnlich bei dem Milchbaume von Demerara verhalten werden, wenn anders ein Zweifel darüber stattfinden könnte, dass in den tropischen Pflanzen die Milchsäfte in ähnlichen Gefässen enthalten seien. Der Milchsaft vom Hya-Hya ist trinkbar und wird für nährend gehalten; er ist dicker als Kuhmilch, schmeckt ganz milde, ist aber zwischen den Lippen sehr klebrig. Er quillt aus der innersten Rinde des Baumes hervor, der eine Höhe von 40 Fuss erreicht. Eine chemische Analyse dieses Milchsaftes hat Christison geliefert (***Jameson new Edinburgh philosoph. Journ. April 1830. p. 315. Octbr. 1830. p. 34***). Der Saft, welchen Christison zur Untersuchung erhielt, war geronnen und hatte eine wässrige Flüssigkeit abgeschieden, worin sich ein käseartiges Gerinnsel befand. Der wässrige Theil war säuerlich und enthielt Essigsäure, seine weiteren Bestandtheile wurden aber nicht untersucht. Das weisse Gerinnsel erweichte sich nach dem Eintrocknen in der Wärme von 100° F. zu einer dehnbaren klebrigen Masse, die bei höherer Temperatur (212° F.) zur Consistenz eines dicken Schleims schmolz, welcher bei'm Abkühlen zu einer klebrigen Masse sich verdickte, die nach einiger Zeit hart wie Wachs wurde. Alkohol löste in der Hitze einen grossen Theil dieser Substanz auf, von der sich bei'm Abkühlen des Alkohols in

weissen Flocken der grösste Theil wieder absetzte. Schwefeläther wirkte stark auf die Masse ein, löste den grössten Theil auf und hinterliess ungefähr 4 Procent eines visciden Rückstandes. Der in Aether unlösliche Theil zeigte nach dem Verdampfen der anhängenden Aethertheile alle Eigenschaften von Cautschuk, war elastisch, unlöslich in Wasser, Alkohol, Lauge, weichte in Schwefeläther auf und löste sich in Terpenthinöl.

Der in Aether aufgelöste Theil des Saftgerinnsels blieb nach dem Verdampfen des Aethers in Form eines weissen Pulvers zurück, ohne Geschmack, zwischen den Zähnen erweichend. In der Siedhitze schmolz es zu einer graubraunen Masse, die dann nicht mehr bröcklich, sondern dehnbar und klebrig war. Aether löste die Masse nicht ganz wieder auf, sondern nur den 6ten oder 7ten Theil, Alkohol löste, auch in der Hitze, noch weniger auf und es blieb eine brüchige Masse zurück. Aetzlauge verseifte die Masse nicht. Die Masse hielt nach Christison das Mittel zwischen Cautschuk und den Harzen, unterscheidet sich aber von letzteren durch die theilweise Unlöslichkeit in Alkohol und Aetzlauge. Christison schloss aus diesem Verhalten der von ihm aus dem Safte gesonderten Bestandtheile, dass solche ganz verschieden von denen des Kuhbaumes von Caraccas seien, weil nämlich nach Boussingault in diesem kein Cautschuk sich finde, wohl aber ein schmelzbares Wachs. Indessen liegt auch hier der ganze Unterschied darin, dass Boussingault frischen Saft vom Kuhbaume untersuchte, Christison aber von dem Hya-Hya den geronnenen Saft erhielt, der, wie wir bei der Kuhbaummilch gesehen haben, das Ausschmelzen des Wachsfettes auch nicht mehr gestattet.

Vergleicht man diese Analyse in diesem Betracht und zugleich mit Rücksicht auf die oben angeführten mikroskopischen Untersuchungen der Milchsäfte der Tabernaemontana-Arten, mit den späteren Analysen der Kuhbaummilch von Thomson und Solly, so er-

kennt man leicht, dass die harzig-cautschukartige Substanz im Wesentlichen dasselbe ist, was Thomson und Solly Galactin genannt haben: ein Gemenge von Wachsfett der Kügelchen und von Cautschuktheilen, die im Aether schwebend erhalten werden, vielleicht auch von einem Theile erschöpfter Kügelchen selbst. Nur musste hier mehr Cautschuk beigemengt sein, weil das Plasma viel reichlicher und die Kügelchenmenge viel geringer bei den Tabernaemontana-Arten ist, als in dem Milchsafte des Kuhbaumes, wie die oben angeführten mikroskopischen Beobachtungen ergaben. Es ist zu bedauern, dass Christison den wässrigen Theil, worin das Gerinnsel schwamm, nicht genauer untersucht hat. In diesem Theile nämlich mussten das Gummi und die Bestandtheile des Serum's der Milchsäfte überhaupt enthalten sein. Der Unterschied zwischen dem Milchsafte der Tabernaemontana-Arten überhaupt und dem Feigenbaume liegt in einem grösseren Elastingehalt der ersteren, und so wird auch eine grössere Menge Elastin bei'm Hya-Hya, als bei'm Kuhbaume sich finden, daher es leichter war, besonders aus dem geronnenen Safte, das Elastin zu erhalten. Aber das Cautschuk, das Christison erhielt, konnte kein reines Elastin sein, sondern musste die sämmtlichen Saftkügelchen einschliessen. Dies thut indessen den Eigenschaften des Cautschuks hier weniger Eintrag, als bei dem Milchsafte vom Kuhbaume, da bei *Tabernaemontana* die Kügelchenmenge so sehr gross nicht ist, dass sie einen merklichen Einfluss ausübte. Dagegen aber war nicht alles Elastin in dem ungelösten Rückstande geblieben, sondern da der Aether einen grossen Theil aufschwellt und aufnimmt, so blieb dieser Theil mit dem aus den Kügelchen aufgelösten Fettwachse verbunden, und stellte so das Gemenge dar, das halb die Eigenschaften des Cautschuks, halb die Eigenschaften von Wachs oder Harz hatte. Man sieht hier, wie sehr die mikroskopische Unterscheidung der Theile in den Lebenssäften der chemischen Analyse zu Hülfe kommen

muss, um reine Stoffe abzuscheiden, und wie leicht man im Stande ist, mit Hülfe der mikroskopischen Kenntniss der Organisation der Säfte alle die früheren, ohne dieselbe unternommenen Analysen zu controlliren.

§ 43.

Wegen seiner Eigenthümlichkeit bleibt uns noch der Milchsaft des Melonenbaumes *(Carica Papaya)* in chemischer Beziehung zu betrachten übrig. Wir besitzen keine Analyse des frischen Saftes, sondern nur einige schätzbare Beobachtungen über die Wirkung der Reagentien auf denselben durch Al. v. Humboldt *(Voyage aux régions équinoxiales. T. V. p. 272)*. Ein Tropfen verdünnter Salpetersäure, zum frischen Safte gesetzt, bringt ein Coagulum von Häuten hervor, die sich divergirend ausdehnen und gelb färben, dann braun und zähe werden. Auch Citronensaft und kaltes Wasser bringen Coagula hervor, die sich aber durch zugesetztes kohlensaures Natron wieder auflösen. v. Humboldt hält dieses Coagulum für ein Gemenge von Cautschuk und Eiweiss.

Der Saft der Papaya, den Vauquelin untersuchte, war zu einer festen Masse eingetrocknet; eine zweite Portion, mit Rum vermischt, zur Extractdicke eingekocht. Der eingetrocknete Saft schmeckte süsslich, zog in feuchter Luft Wasser an, erweichte sich, und löste sich in 36 Theilen Wasser wieder zu einer milchigen Flüssigkeit auf, die bei'm Schütteln wie Seifenwasser schäumte, in der Ruhe aber einen weissen Bodensatz absetzte und sich aufklärte. Der Bodensatz hatte ein fettartiges Ansehen, schmolz auf glühenden Kohlen und schwitzte Fetttropfen aus.

Die wässrige Auflösung gerann durch Hitze und durch Alkohol, und bildete ein Präcipitat von weissen Eiweissflocken. Aetzkali löste einen Theil des trockenen Saftes auf, und aus der Auflösung präcipi-

tirten Säuren einen weissen Satz, unter Entwickelung eines ekelhaften thierischen Geruchs.

Alkohol löst wenig von dem trockenen Safte auf, wird aber dann durch zugesetztes Wasser milchig. Vauquelin hielt hiernach Eiweiss und Fett für die wesentlichen Bestandtheile des Saftes.

Der mit Rum eingedickte Saft löste sich in Wasser ebenfalls mit Hinterlassung eines weissen Bodensatzes zu einer schäumenden Flüssigkeit auf, die in der Hitze nicht coagulirte, aber durch Alkohol milchig getrübt wurde, und von zugesetzter Salpetersäure nach 24 Stunden einen Bodensatz bildete. Auch Galläpfeltinctur präcipitirte die Solution. Vauquelin hielt dafür, dass das Eiweiss hier in Gallerte umgebildet sei, und dass also in beiden Saftmassen thierische Bestandtheile vorwalten. Indessen möchten die Veränderungen des weingeistigen Extracts mehr nur auf Gummibildung hindeuten, wie denn auch die wässrige Auflösung die Beschaffenheit von Gummiwasser darbot.

Den unlöslichen fetthaltigen Bodensatz hat Vauquelin nicht weiter untersucht. Dies ist aber eben der Theil, in dem, nach aller Analogie ähnlicher Verhältnisse der übrigen Milchsäfte zu schliessen, das Cautschuk enthalten sein musste, so dass ein wirkliches Fehlen des Cautschuks in dem Safte der Papaya durch diese Analyse keineswegees erwiesen ist.

Inzwischen zeigen mir die äusseren Eigenschaften des frischen Milchsaftes von ***Carica microcarpa,*** dass keine so grosse Menge fettwachsiger und elastischer Theile in diesem Safte enthalten ist, als z. B. in dem Milchsafte der Euphorbien und der Feigenbäume. Das Gerinnsel des Saftes hat vielmehr eine mehr eiweissartige gummige Beschaffenheit, und trocknet nicht leicht ein, sondern bleibt weich, ohne besondere Klebrigkeit zu zeigen. Jedoch scheidet sich durch Aether eine geringe Menge elastischer Fäden aus, nicht aber durch Weingeist.

4. Vergleichung der chemischen Analysen mit den mikroskopischen Beobachtungen des Milchsaftes.

§ 44.

Eine genauere Kenntniss der Verhältnisse der organischen Theile des Saftes zu den chemischen aus ihm abgeschiedenen Stoffen, kann uns allein Aufklärung geben über die Bedeutung der chemischen Bestandtheile. Eine Hauptsache ist hierbei, mit Sicherheit zu wissen, in welchen der beiden organischen Bestandtheile des lebendigen Saftes die verschiedenen chemischen Stoffe ihren Sitz haben, und welche Veränderungen der Stoffe den Veränderungen der organischen Bestandtheile parallel gehen, so dass wir überall die Stoffe auf die Organisation beziehen können. Es ist dieses ein ganz neues Feld der Untersuchung in der Pflanzenphysiologie, und wir dürfen nicht hoffen, sogleich die vollendetesten Aufschlüsse über alle Dunkelheiten und Zweifel zu erhalten, allein mancher Lichtstrahl kann doch schon im Beginn der Untersuchung auf den Gang des Assimilations- und Bildungsprocesses der Pflanzen fallen. Eine Hauptfrage ist hier: welche chemischen Bestandtheile sitzen vor der Gerinnung des Saftes in den Kügelchen des Lebenssaftes, und welche sitzen in dem flüssigen Plasma, worin die Kügelchen schwimmen? Dann aber nach der Gerinnung: welche Bestandtheile gehören dem Serum, welche gehören dem Gerinnsel an? Auf die Beantwortung dieser Fragen wollen wir unsere Aufmerksamkeit richten.

Betrachten wir die Form und die Entwickelung der Lebenssaftkügelchen, so ergibt sich zunächst, dass sie späteren Ursprungs sind, als das Plasma; denn der Holzsaft, aus dem sich der Lebenssaft, wie das Blut aus dem Chylus, bilden muss, enthält noch wenig oder gar keine Kügelchen, die Kügelchenbildung im Safte tritt erst sparsam in dem wässrigen Milchsafte keimender Pflanzen und junger Triebe auf, und nimmt zu mit weiterer Entwickelung der Vegetation. Die Bestand-

theile der Kügelchen werden also von späterer Entwickelung und höherer Ausbildung und Verarbeitung der Stoffe sein. Auf der anderen Seite sehen wir auch die Kügelchen wieder auf das Plasma zurückwirken, denn die plastische Natur desselben wird in allen Milchsäften um so grösser, der Saft um so dickflüssiger und zäher, je grösser die Menge der darin enthaltenen Kügelchen ist, so dass hier, wie im Blute der Thiere, durch Verarbeitung der Saftkügelchen die Bestandtheile des Plasma sich nachbilden müssen. Hiermit hängt auch ein Wechselverhältniss der Bestandtheile zusammen, so dass die Bestandtheile der Kügelchen sich in die Bestandtheile des Saftplasma's umbilden und darein übergehen können. Davon rühren eben die Uebergänge und Mittelbildungen der verschiedenen Bestandtheile her, ohne deren Berücksichtigung alle chemischen Analysen fruchtlos sind. Wenn wir in dieser Beziehung die chemischen Analysen mit den organischen Theilen des Saftes vergleichen, so finden wir zuerst, dass alle die fettwahsartigen Theile, welche man unter dem Namen von Wachs und modificirtem Harz, mit Ausnahme der federharzigen Theile, begriffen hat, allein in den Kügelchen ihren Sitz haben, ja dass vielleicht in der ersten Entwickelung die Kügelchen ganz aus dieser Substanz bestehen, und dass sie daher den Fettkügelchen im Chylus und in der thierischen Milch entsprechen.

Der Beweis hierfür liegt darin, dass man durch solche Menstrua, welche die fettwachsigen Theile auflösen, die Milchfarbe des Milchsaftes aufheben oder verringern kann, in dem Maasse, als die Kügelchen entweder ganz aufgelöst oder doch grösstentheils von ihrer Fettsubstanz befreit werden. Die feine Vertheilung der wachsfetthaltigen Kügelchen in der wässrigen Flüssigkeit des Plasma macht allein die Milchfarbe und diese stellt sich wieder her, sobald nach der Auflösung der fettwachsigen Theile in Alkohol oder Weingeist das Wachsfett selbst durch Verdunstung wieder in Kügelchen hergestellt wird, wie

man bei der mikroskopischen Beobachtung des Milchsaftes der Feigenbäume ganz deutlich sieht. Wird umgekehrt durch Eintrocknen des Milchsaftes das Wasser verdunstet, so verschwindet die Milchfarbe, während die nun völlig durchsichtigen Kügelchen in unveränderter Gestalt unter dem Mikroskop zu beobachten sind; aber hier stellt sich die Milchfarbe wieder her, sobald man über den durchscheinenden eingetrockneten Milchsaft einen Tropfen Wasser giesst. Das Gemenge von Wasser und Kügelchen macht die Milchfarbe. Die fettwachsigen Theile sind also nicht in chemischer Auflösung in der Flüssigkeit des Saftes enthalten, sondern in Form der Kügelchen dem Safte mechanisch beigemengt.

§ 45.

Aber die Kügelchen bestehen nicht ganz aus Wachsfett, sondern sind von diesem nur durchdrungen und bleiben nach Auflösung desselben noch in ihrer, wenn gleich veränderten, Form zurück. In dieser Beziehung ist aber ein grosser Unterschied zwischen den verschiedenen Kügelchen in demselben Lebenssafte. Wir haben schon erwähnt, dass z.E. bei ***Glycine Apios, Achras Sapota*** u.A. die Kügelchen auf dem Glase unter dem Mikroskop leicht in grössere Tropfen und Inseln zusammenfliessen, und dass insbesondere bei den Euphorbien und ***Hura crepitans*** die langen keulenförmigen und knollenförmigen Kügelchen durch Zusammenfliessen kleinerer runder Kügelchen schon in der Pflanze entstehen. Diese Veränderungen scheinen vorauszusetzen, dass wenigstens die kleineren Kügelchen aus einem gleichförmigen fettartigen Stoffe bestehen, ohne dass sie von einer besonderen Haut eingeschlossen wären. Dafür spricht ferner, dass bei'm Zusatze von Aether oder Weingeist, z. E. zu dem Milchsafte von ***Glycine Apios, Achras Sapota, Acer platanoides,*** die kleineren Kügelchen insoweit sich auflösen, dass die ganze Milchfarbe des Saftes mehr oder weniger verschwindet, und nur die grösseren Saftkügelchen noch übrig bleiben,

so dass hiernach die kleineren Kügelchen dieser Pflanzen blos als fein zertheiltes Wachsfett (ich möchte es ein für allemal Saftfett nennen) erscheinen, wie die ursprünglichen Lymphkügelchen in der Lymphe der Thiere ebenfalls blosse Fettkügelchen sind. In dieser Hinsicht könnte man die milchigen Lebenssäfte als Emulsionen betrachten, in denen, wie in der thierischen Milch, in Kügelchen fein zertheiltes Fett schwebend erhalten wird. Allein die grösseren Saftkügelchen lösen sich nicht gänzlich auf, sondern schrumpfen durch Aether oder Alkohol nur mehr oder weniger ein, wobei sich aus ihnen Saftfett auflöst, was nach dem Verdunsten des Aethers oder Alkohols wieder in zahlreichen Oeltropfen zwischen den Kügelchen zurückbleibt. Man sieht an dieser Erscheinung zweierlei. Einmal nämlich enthalten die grösseren Kügelchen wirklich noch dieselben fettwachsartigen Stoffe, wie die kleineren Kügelchen; allein sie sind nicht mehr als feinzertheiltes Wachsfett selbst anzusehen, sondern es hat sich schon eine organische Membran um die Kügelchen gebildet, wodurch ihre Auflösung verhindert und ihre Gestalt eine permanente, organische wird.

§ 46.

Hieran knüpft sich dann eine andere Betrachtung, nämlich ob die Kügelchen inwendig dicht bleiben, oder ob sich eine Höhle in ihnen entwickelt, und sie sich in Blasen umbilden. Die beschriebenen Veränderungen an den grösseren Kügelchen von ***Musa paradisiaca, Sambucus Ebulus*** und den grösseren, älteren Kügelchen der Feigenbäume scheinen darauf zu deuten, dass sich die Kügelchen nach der Bildung einer organischen Hülle in wahre Blasen umbilden können, die dann einen Kern in der Mitte enthalten. Man findet sogar ähnliche Erscheinungen in dem lebenden rotirenden Safte, selbst bei homorganischen Pflanzen, insbesondere bei ***Chara*** und ***Valisneria spiralis,*** wovon ich Tab. XXXI. Fig. 6. u. 8. Abbildungen gegeben habe. In dem rotirenden Safte einer ganz weissen durchsichtigen Wurzel von ***Chara vul-***

garis, welche die Saftkügelchen auf's klarste durchscheinen lässt, sieht man bei kräftiger Vegetation sogar die ganze Reihe von Veränderungen der Saftkügelchen während der Verarbeitung des Saftes und der stufenweisen Entwickelung der Kügelchen. Durch die secundäre Rotation, welche sich mitten zwischen den auf- und absteigenden Saftströmen in Form von sich drehenden Kugelhaufen bildet (Natur der lebendigen Pflanze. Thl. 2. S. 477), werden nämlich zuerst eine Menge kleinerer Saftkügelchen zusammengeballt, die dann nach und nach zu einem grösseren Kügelchen zusammenfliessen. Solche grössere Kügelchen zeigen dann bald einen oder mehrere kleinere Kerne in ihrem Innern, woraus man erkennt, dass sie sich wirklich in Blasen umgebildet haben. Die mit der grössten Genauigkeit nach der Natur portraitirte Abbildung (Tab. XXXI. Fig. 8.) legt ohne weitere Erklärung alle die stufenweisen Veränderungen vor Augen. Wenn es hiernach keinem Zweifel unterliegt, dass sich die Lebenssaftkügelchen zu wirklichen Blasen ausbilden können, so scheinen sie doch im Allgemeinen auf der Stufe der Kügelchenbildung stehen zu bleiben, und in diesem Betracht sich mehr der Lymphe, als der Organisation des Blutes der Thiere zu nähern. Die Lebenssaftentwickelung bleibt hier auf die niedere Stufe der Lymph- und Embryonenblutbildung beschränkt.

Wir haben also hier eine Entwickelungsgeschichte einfacher Saftfettkügelchen zu organisirten zusammengesetzten Kügelchen, die aus einer membranartigen Hülle besteht, von welcher dann noch die fettwachsartigen Stoffe eingeschlossen werden. Damit hängt nun eine merkwürdige chemische Erscheinung zusammen, die bisher die Chemiker ohne genaue Kenntniss der Organisation der Kügelchen unmöglich verstehen konnten, und die darin irre geführt hat, dass man zwei, ihrer organischen Verhältnisse wegen, nicht leicht trennbare Substanzen als einen chemischen Stoff angesehen hat. Lässt man nämlich die ganze Masse der Kügelchen von irgend einem Milchsafte,

z.E. vom Feigenbaume, auf dem Glasschieber eintrocknen, so bemerkt man an der eingetrockneten Masse sehr bald, dass sie eine fettige Beschaffenheit erhält, ohne gerade ganz aus Fett zu bestehen. Das Fett nimmt zu, je mehr man den Saft eintrocknet. Dies rührt daher, dass die trockenen Kügelchen Fett ausschwitzen, so stark, dass es sich zuweilen in Tropfen zwischen den einschrumpfenden Kügelchen ansammelt, ähnlich als wenn die Masse mit Aether behandelt gewesen wäre.

Im Grossen hat diese Erscheinung die französischen Analytiker bei der Untersuchung der Milch des Kuhbaumes dazu geführt, das Wachsfett durch Hitze auszuschmelzen, wobei sie dann aber nicht einen reinen chemischen Stoff, sondern immer ein mechanisches Gemenge von Fett und von Saftkügelchen erhalten haben. Dies ist die Substanz, welche die englischen Beobachter Galactin nennen. Es ist nach der Analogie aller übrigen von mir untersuchten Milchsäfte unbedenklich, dass die mikroskopische Untersuchung des Galactins die wirkliche Anwesenheit von Saftkügelchen in der Wachsfettmasse nachweisen muss. Dies zeigt sich auch in der von Thomson selbst als so auffallend angegebenen Erscheinung, dass bei'm Erwärmen des Galactin's in heissem Wasser dieses nicht in Form eines durchsichtigen Oeles auf dem Wasser schwimme, wie Wachs, sondern sehr viel Wasser absorbire und das Ansehen einer milchigen klebrigen Materie annehme ***(Exper. on the milk of Couw-tree in Transact. of the Society of Edinburgh. Vol. II. p. 242)***. Aus einer kleinen Portion der Milch des Kuhbaumes habe ich mir das Galactin nach der Weise von Thomson und Solly bereitet und dieses mikroskopisch untersucht. Es zeigt eine ziemliche Menge von Saftkügelchen, die zum Theil so klein sind, dass sie sogar mit durch's Filtrum gehen. Ganz dieselbe Erscheinung kann man sich jeden Augenblick mit irgend einem milchigen Lebenssafttropfen von Euphorbien und Feigenbäumen herstellen,

den man auf dem Glasschieber eintrocknet, wo er eine fettwachsige Masse darstellt, die sogleich wieder milchig wird, so wie man sie mit Wasser in Verbindung bringt. Das Galactin von Thomson behält daher in Verbindung mit kaltem Wasser dieselbe milchige Farbe und löst sich in heissem Alkohol eben so wenig ganz auf, wie die Stärkmehlkügelchen in siedendem Wasser, sondern die Kügelchen bleiben zum Theil in dem von heissem Alkohol aufgelösten Fettwachse schweben und senken sich auch in der Ruhe als milchige Flocken zu Boden.

Die ganze Reihe von Erscheinungen kann man mit dem Milchsafte des Feigenbaumes wiederholen, nach deren Analogie die Analysen von Thomson und Solly, auch die Analyse des Milchsaftes vom Hya-Hya aus Demerara von Christison, zu beurtheilen sind.

Wir glauben somit gezeigt zu haben, dass der fettwachsartige Bestandtheil von allen übrigen sehr wohl unterschieden werden muss, und allein den Saftkügelchen angehört.

§ 47.

Die übrigen Bestandtheile haben ihren Sitz im Plasma. Hier sind nun wieder zweierlei zu unterscheiden, nämlich die von selbst gerinnenden und die in dem Serum übrig bleibenden, nicht von selbst gerinnenden. Zu denen, welche die freiwilligen Gerinnsel bilden, gehören nun die cautschukartigen und harzähnlichen Bestandtheile, welche wir mit dem Namen Elastin oder federharzartige Bestandtheile bezeichnen wollen. Diese Bestandtheile haben eine mehr organisirte Natur als das Fettwachs, sind eigentlich als wahre organische Gebilde zu betrachten, und können nur rein mit Hülfe einer Benutzung der natürlichen Scheidung der Bestandtheile durch Gerinnung erhalten werden, obgleich sie auch hier immer mehr oder weniger mit Saftkügelchen und Fettwachs vermengt bleiben. Eine Hauptsache aber ist, dass diese Bestandtheile nicht als vollendet fertige Stoffe in chemischer Auflösung in dem Safte vorhanden sind, sondern dass sie sich

als Producte von plastischer Natur durch den Gerinnungsprocess, wie der Faserstoff aus dem Blute der Thiere, erst bilden. Der Selbst-Gerinnungsprocess gehört nothwendig zur Bildung dieser Stoffe, und ohne Gerinnung entstehen sie nicht. Ihre Bildung ist daher um so vollständiger, je günstiger die Bedingungen der Selbstgerinnung sind, und um so unvollständiger, jemehr die Gerinnung verhindert oder gestört wird. Diese Verhältnisse allein enthalten den Grund, warum in vielen Milchsäften die cautschukartigen Bildungen so schwer und unvollkommen aufgefunden und getrennt werden. Hierzu kommt nun noch, dass bei der Gerinnung die Elastinbildungen immer mehr oder weniger von den übrigen Bestandtheilen, und insbesondere eine grössere oder geringere Menge von Saftkügelchen mit einschliessen, so dass sie die Milchfarbe von diesen erhalten, und auch deren Bestandtheile in dem Cautschuk als eingemengt sich finden. Man kann nach dem Umrühren eines Tropfens Milchsaft vom Feigenbaume mit Aether in den wasserhellen Fäden und Häuten von Cautschuk, welche sich bilden, die mit eingeschlossenen Saftkügelchen unverändert erkennen. Ein grosser Theil der Saftkügelchen bleibt jedoch, besonders wenn der Saft in den Pflanzen flüssig genug ist, wie im Frühling und nach Regenwettern, nach dem Gerinnen in dem Serum zurück, daher auch der Saft unserer Euphorbien ***(Euphorbia palustris, Euph. Cyparissias)***, der Saft von ***Asclepias syriaca***, nach dem Gerinnen, wenigstens anfangs, oft ein ganz milchweisses Serum, dessen Farbe von den darin schwebenden Kügelchen herrührt, übrig lässt, obgleich ein Theil der Saftkügelchen immer mit dem Gerinnsel auch hier in Verbindung geht und auch dieses milchig färbt. Ohne Berücksichtigung dieser Verhältnisse ist es unmöglich, über die Eigenschaften der einzelnen Stoffe in's Reine zu kommen, und noch viel weniger die Stoffe rein von einander zu sondern. Denn wir werden die chemischen Bestandtheile der Saftkügelchen theils mit dem Elastingerinnsel,

theils mit den Bestandtheilen des Serum's (dem Gummi, Zucker und Eiweiss) vermengt finden, so dass zusammengesetzte Producte entstehen, welche immer als einfache Stoffe beschrieben worden sind, die die Eigenschaften von mehreren Stoffen verbunden zeigen. Ein Mittel, wodurch nun die Bildung und Absonderung des Elastin's von den Kügelchen sehr begünstigt werden kann, habe ich, ähnlich wie auch bei der Absonderung des Faserstoffs aus dem gerinnenden Blute, in dem mechanischen Umrühren der coagulirenden Saftmasse gefunden. Man kann durch Umrühren mittelst feiner Stäbchen aus einzelnen Safttropfen von ***Asclepias- Euphorbia- Ficus- Tabernaemontana- Musa***-Arten, ähnlich wie aus der Milch vom Kuhbaume, die kleinsten Mengen Cautschuk absondern, besonders nach dem Zusatze von etwas Alkohol oder Aether zum flüssigen Safte, wodurch die Gerinnung sehr begünstigt wird. Auf diese Weise gelangt man dahin, das Cautschuk mit den in seine Entwickelungsreihe gehörigen Stoffen, den sogenannten elastischen und klebrigen Harzen, in Verbindung zu erhalten, während die eiweissstoffigen und gummigen Theile des Serum's sowohl, als auch die grössere Menge der Saftkügelchen und deren Bestandtheile von den Elastingerinnseln gesondert bleiben. Man muss vor allen Dingen die gleichzeitige Mitgerinnung des Eiweisses, wo dieses vorhanden ist, verhüten; denn wenn Eiweiss mitgerinnt, werden in dem Gerinnsel so verschiedenartige Stoffe durcheinander gemengt, dass es fast unmöglich ist, sie wieder zu trennen. Aus diesem Grunde darf man nie mineralische Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure, Salpetersäure), um die Coagulation zu bewirken, anwenden, weil diese eine Mitgerinnung des Eiweisses hervorbringen und die Cautschukbildung verhindern und seine Absonderung erschweren. Im Uebrigen ist auch die geringe Menge Cautschuk in dem Kuhbaume, der ***Tabernaemontana utilis*** und selbst in den Feigenbäumen, Ursache, dass man es aus der überwiegenden Menge von wachsfetthaltigen

Kügelchen so schwer abscheiden kann, daher denn auch diese Säfte zur Cautschukgewinnung nicht dienen können, weil das Cautschuk immer klebrig bleibt (vergl. ***Royle bot. of Him. mount. I. p.358)***.

§ 48.

Die Einwirkung der atmosphärischen Luft ist ein wichtiges Erforderniss zur Begünstigung der Gerinnung. Schon Fourcroy war im Jahre **1790**, zu einer Zeit, wo man die Einwirkung des Sauerstoffgases überall zu erforschen strebte, bei seiner Analyse des Saftes der ***Hevea guyanensis*** darauf aufmerksam, dass die elastischen Gerinnsel auf der Oberfläche des Saftes, wo er mit der Atmosphäre in Berührung steht, in Form einer Haut sich bilden, und schrieb diess der Wirkung des Sauerstoffs der Luft zu. Auch Carradori suchte zu beweisen, dass der Feigensaft sich an der Luft bei der Gerinnung durch Oxydation färbe. Obgleich die dabei zum Grunde liegende Idee, dass die Gerinnung selbst eine blosse Oxydation des Saftes sei, für jetzt nicht mehr ausreicht, so bleibt doch die Thatsache der Beschleunigung der Gerinnung durch die Luft unabweisbar. Je grösser die Oberfläche ist, mit welcher der Saft die Luft berührt, desto schneller gerinnt er, daher der tropfenweise auf Glasplättchen ausgebreitete Saft so schnell gerinnt, während grössere eingeschlossene Saftmassen sich länger flüssig erhalten, besonders in zugestopften Flaschen, in denen der Milchsaft älterer Theile wochen- ja monatelang ohne Gerinnung verwahrt werden kann. Diese Einwirkung der Luft auf den Lebenssaft ist um so grösser, je kräftiger seine Lebensthätigkeit ist, daher der Saft jüngerer Pflanzentheile, besonders im Frühling, so ausserordentlich schnell an der Luft gerinnt. Doch ist die Verschiedenheit nicht so gross, dass, wie John glaubte, der Milchsaft der Euphorbien im Herbste gar nicht gerinnen sollte; sondern der Milchsaft aus älteren Pflanzen wird wegen seiner geringern Lebenserregung nur schwächer von der Luft afficirt. Manche Pflanzen zeigen sich in dieser

Beziehung auch sehr torpide, z. B. ***Asclepias syriaca,*** deren Milchsaft schwer zum Gerinnen zu bringen ist. Den Saft von ***Ficus elastica*** lässt man in Indien, wie Roxburgh sagt, um ihn zur freiwilligen Gerinnung zu bringen, so lange an der Luft stehen, bis das Serum ganz stinkend wird. Hier ist nämlich bei der grossen Menge von Saftkügelchen das Elastin viel schwerer zu sondern, als bei ***Urceola,*** es behält daher immer viel Wachsfett aus den Kügelchen in sich und bleibt dadurch klebrig, so dass es gering im Preise ist. Das Pfund wurde in Calcutta für 2 Schillinge hingegeben.

Die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft geschieht nur auf das Plasma des Saftes, nicht auf die Saftkügelchen. Man sieht diess sehr deutlich bei denjenigen Säften, die sich an der Luft bei der Gerinnung färben, wie der Milchsaft vom Mohn, welcher braun, der Saft von ***Chelidonium maius,*** welcher dunkelorange, der Saft von ***Oenanthe crocata,*** der safrangelb, der Saft der Aloë-Arten, welcher braun wird, weil hier überall die Kügelchen völlig unverändert bleiben, während nur das Plasma die Farbenbildung zeigt, welche ohne Einwirkung der Luft nicht entsteht. Die mit dem Safte von ***Asclepias syriaca*** in einer verstopften Glasflasche eingeschlossen gewesene Luft trübt Kalkwasser und enthält also Kohlensäure, wie ich finde.

Man kann nach allem diesem die Gerinnung des Plasma am vollständigsten unter Einwirkung der Luft bewirken, und aus dem auf diese Art geronnenen Safte ist auch das Elastin mit seinen Formen am besten abzuscheiden, indem man zuerst das Gerinnsel von der gummihaltigen serösen Flüssigkeit sondert, deren Bestandtheile nach dem Eintrocknen des frischen Saftes der Absonderung des Elastins immer hinderlich sind. In Betreff der völligen Absonderung der serösen von den plastischen elastinhaltigen Theilen des Saftes bei der Gerinnung ist die kunstgemässe Praxis bei Bereitung des käuflichen Cautschuks, den frischen Milchsaft auf Thonformen zu streichen, dadurch sehr

günstig, dass die serösen Theile mit der sie auflösenden Feuchtigkeit schnell absorbirt werden, so dass nur die plastischen übrig bleiben. Dann aber wird durch die dünne Ausbreitung des Saftes die Berührungsfläche mit der Luft sehr gross und der natürliche Gerinnungsprocess dadurch gefördert. Ich finde, dass man durch Aufstreichen des Milchsaftes von ***Asclepias syriaca,*** von ***Euphorbia palustris,*** selbst vom Mohn, auf Thonstücke auch bei uns im Kleinen Cautschuk bereiten kann.

§ 49.

Ueberall bleibt aber hier mit dem Elastin eine grössere oder geringere Menge von Saftkügelchen verbunden, und was man Cautschuk nennt, ist kein reiner einfacher Stoff. Ich habe das Cautschuk von meinen americanischen Gummischuhen untersucht. In dünnen Blättchen ist es durchsichtig wie bräunliches Glas, aber überall sieht man eingeschlossene Milchsaftkügelchen, zum Theil noch in runder unveränderter Gestalt durchschimmern. Da nun die Fettwachstheile in den eingeschlossenen Kügelchen enthalten sind, so sind dadurch die Gummischuhe schon von Natur innerlich geschmiert und halten sich beständig geschmeidig, weil die Luft nicht zu den Fettkügelchen kann, um diese zu oxydiren und zu erhärten. In dünnen Platten der Luft ausgesetzt, schrumpft daher das Cautschuk am Ende zu einer brüchigen Masse ein. Die Menge der Kügelchen in dem käuflichen (Siphonia-) Cautschuk ist jedoch nicht sehr gross; sie liegen nur zerstreut, doch kann die Masse derselben mit dem Elastin wohl zum Theile so verschmolzen sein, dass man sie nicht mehr unterscheiden kann. Im Cautschuk aus Feigenbäumen sind sehr viele Saftkügelchen.

Giesst man Aether auf käufliches Cautschuk, so löst dieser die Fettwachstheile der Saftkügelchen auf, und diese bleiben dann nach der Verdunstung unter dem Mikroskop ebenso zurück, als wenn man zu frischem Milchsafte Aether giesst. In dem chemischen Verhalten

zeigt sich das Aetherextrakt aus Cautschuk sauer, und scheint der Margarinsäure ähnlich. In der That löst Aether vom Elastin selbst gar nichts auf, und nur im geschmolzenen oder aufgequollenen Zustande kann sich etwas darin schwebend erhalten. Das Elastin hat eine grosse Neigung, in Aether aufzuquellen.

§ 50.

Nach Absonderung des Elastins und der Lebenssaftkügelchen, welche die fetten und wachsartigen Bestandtheile enthalten, bleiben nur in dem Serum der Milchsäfte die rein in Wasser löslichen Bestandtheile zurück. Diese bestehen vorzüglich in Eiweiss, Gummi, Zucker (der ziemlich verbreitet zu sein scheint) und den Säuren und Salzen. Gummi scheint in dem Serum nie zu fehlen, aber in so mancherlei Modificationen und Uebergängen zum Eiweiss vorhanden zu sein, dass die Beschaffenheit desselben in verschiedenen Pflanzen noch viel genauer bestimmt werden muss. Im Serum von ***Hevea elastica*** fand Faraday Eiweiss, das durch Alkohol, Hitze und Säuren gerann. Das Eiweiss, das Fourcroy aus dem mit Alkohol aufbewahrten Safte des Melonenbaumes schied, gerann nicht in der Hitze, aber durch Alkohol. John schied aus den wässerigen Solutionen der Milchsäfte von ***Asclepias syriaca*** und ***Euphorbia Cyparissias*** durch Hitze gerinnbares Eiweiss. Ich finde in dem natürlich geschiedenen Serum von ***Asclepias syriaca*** nur Gummi. Auch scheint sich das sogenannte Eiweiss im Safte des Kuhbaumes ganz anders zu verhalten. Nach Boussingault und Rivero gerinnt der frische, von ihnen zu Maracay zwischen Caraccas und Nueva Valencia im Jahre 1823 untersuchte Saft des Kuhbaumes durch Säuren und Aufkochen nicht, wohl aber durch Alkohol. Ich finde ganz dasselbe in dem reinen und mit Wasser verdünnten Serum des geronnenen Saftes, welchen Herr Eduard Otto aus Caraccas nach Berlin geschickt hat. Dieses Serum trübt sich durch Kochen gar nicht; aber durch Zusatz von Alkohol entsteht

ein Präcipitat. Mineralische Säuren bringen kein Präcipitat hervor. Hier ist also ein Stoff, der mehr die Natur des Gummi's als des Eiweisses hat. Die freiwillige Gerinnung dieses Saftes hängt also gar nicht von diesem Stoffe, sondern einzig und allein von dem Gerinnen des Elastin's in dem Plasma ab. Beide Gerinnungsarten muss man wohl unterscheiden.

Gummi ist ein allgemein im Serum vorkommender Stoff, dessen Bildung sich schon vom Holzsafte herschreibt, in dem er zuerst entwickelt wird; er kann sich aber später, wie es scheint, in Eiweiss umwandeln.

Dasselbe gilt vom Zucker. Er ist der wesentlichste Bestandtheil des Holzsaftes, und scheint bei vielen Pflanzen in grösseren Mengen im Serum des Lebenssaftes sich noch zu erhalten, wo er die Veranlassung zur weinigen Gährung bildet. In einigen Milchsäften, wie in dem des Melonenbaumes, ist mehr Eiweiss, in anderen ist Gummi und Zucker vorherrschend, wie bei den Doldenpflanzen, bei *Garcinia* u. A.

Salze sind in dem Serum des Milchsaftes, besonders der fleischigen Gewächse, sehr häufig. Das Euphorbium enthält grosse Mengen von apfelsaurem Kalk und Kali. Aus dem Serum des Milchsaftes von *Arum maculatum* sieht man eine Menge spitziger Krystalle bei'm Eintrocknen anschiessen. Dasselbe geschieht bei *Mimosa pudica.* Selbst in den älteren Lebenssaftgefässen findet man Salzkrystalle, wie ich dergleichen aus *Pinus Strobus* (Tab. 4. Fig. 4.) abgebildet habe.

5. Säure des Lebenssaftes.

§ 51.

Eines Bestandtheiles, welcher immer im Serum zurückbleibt, haben wir noch zu erwähnen, nämlich der vegetabilischen Säuren. Die saure Reaction des Saftes von *Hevea guyanensis* wurde zuerst von Fourcroy und Vauquelin bemerkt. Sie fanden Essigsäure in dem Safte, glaubten aber, dass die Säuren nicht natürlich, sondern ein Product

der Gährung seien. Aehnlich fanden auch Thomson und Solly den sauren Geschmack und die sauere Reaction der Milch vom Kuhbaume von Essigsäure herrührend, doch glaubte auch Solly, dass die von ihm untersuchte Milch durch Zersetzung sauer geworden sei. Allein die Herren Boussingault und Rivero schildern auch den frischen Milchsaft vom Kuhbaume sauer; doch röthet er nur schwach das Lackmuspapier, aber bei längerer Aufbewahrung wird er mehr sauer unter Entwickelung von Kohlensäure. Hier scheint also eine natürliche Säurebildung, dann aber auch eine durch Gährung erzeugte zu unterscheiden. John (Chemische Schriften. I. S. 25) machte schon darauf aufmerksam, dass die Säure des Milchsaftes von ***Asclepias syriaca*** schon in der Pflanze vorhanden und Weinsteinsäure sei, allein man hat der Sache nicht Aufmerksamkeit genug gewidmet. Inzwischen ist es bekannt, dass der aus den Zweigen von ***Sarcostemma viminale*** reichlich fliessende Milchsaft so säuerlich schmeckt, dass er von Reisenden in Ostindien als ein kühlendes Getränk gesucht wird. Diese Erfahrungen haben mich veranlasst, die milchigen und nicht milchigen Lebenssäfte in Bezug auf ihre sauere Reaction näher zu untersuchen und ich finde, dass die Säurebildung des Lebenssaftes ganz allgemein zu sein scheint, doch in verschiedenen Graden bei verschiedenen Pflanzen.

Die Säurebildung ist nach den Graden der Röthung des blauen Lackmuspapiers sehr stark in dem Lebenssafte von ***Cynanchum viminale, Sapium aucuparium, Plumieria alba, Cerbera Thevetia, Cerbera Ahovai, Musa paradisiaca, Arum maculatum, Aloe soccotrina, Euphorbia meloformis, Euph. Caput medusae, Euph. palustris, Tabernaemontana citrifolia, Sambucus Ebulus.*** Weniger sauer zeigt er sich bei ***Ficus Carica, Cactus mammillaris, Cichorium Intybus, Garcinia Mangostana, Discidium benghalense, Ipomoea purpurea, Convolvulus Purga, Hura crepitans, Papaver somniferum.*** In den

meisten Fällen scheint die Säure Essigsäure zu sein, weil sie sich nach dem Eintrocknen verliert; allein auch Weinsteinsäure scheint vorzukommen in den Säften, die nach dem Eintrocknen ihre Säure behalten, wie bei ***Asclepias syriaca, Vitis vinifera.***

Die Säure im Lebenssafte von ***Musa paradisiaca*** ist Gallussäure. Die Menge derselben ist hier so gross, dass die eisernen Messerklingen, womit man eine Frucht oder einen Blattstiel durchschneidet, sogleich von dem ausfliessenden Lebenssafte blau anlaufen. Salzsaure und schwefelsaure Eisenoxydauflösungen, dem Safte von ***Musa paradisiaca*** zugesetzt, färben sich ebenso schwarzblau. Es ist mir erinnerlich, dass ich die eisernen Messerklingen von dem Lebenssafte mehrerer Asclepiadeen habe anlaufen sehen, aber ich kann über die Arten jetzt keine genaue Angabe machen. Gallussäure scheint also in mehreren Lebenssäften vorzukommen.

6. Die diätetischen Eigenschaften und medicinischen Wirkungen der milchigen Lebenssäfte.

§ 52.

Eine grosse Verschiedenheit in den nährenden medicinischen und giftigen Wirkungen der Milchsäfte auf den menschlichen Körper ist immer aufgefallen. Man hat aus den giftigen und scharfen Wirkungen insbesondere auf eine Analogie dieser Säfte mit den Secretionen (den Harzen, ätherischen Oelen) geschlossen. Inzwischen ist es gewiss, dass viele der medicinisch wirkenden Milchsäfte nicht reine Lebenssäfte, sondern Gemenge von Lebenssaft mit den aus den gleichzeitig verletzten Secretionscanälen zugleich ausfliessenden Harzen und Balsamen sind. Diess haben wir von den Doldenpflanzen und Terebinthaceen namentlich hinreichend nachgewiesen (Natur d. lebendigen Pflanze. I. S. 537. Taf. 4. Fig. 2. ***Mém. sur la circulation. p. 37. pl. 10. fig. 2, 3, 7, 8).*** Inzwischen scheinen allerdings auch zuweilen in den Lebenssäften selbst bittere und scharfe Stoffe vorzukommen, die aber

nicht sowohl den plastischen als den serösen Theilen angehören und gar kein Beweis sind, dass die Lebenssäfte deshalb der Pflanze selbst ebenso schädlich sein müssten, wie dem menschlichen Körper. Vielmehr bleibt die Organisation der Lebenssäfte überall dieselbe und die plastischen Theile scheinen auch, wie die Formen des Elastin's, eine durchaus indifferente Wirkung zu haben. Bis jetzt ist es daher schwer zu entscheiden, welche von den scharfen und giftigen Wirkungen, die man den Milchsäften zugeschrieben hat, diesem Safte selbst oder fremden Beimischungen angehören möchten. Jedoch ist es natürlich, dass, ähnlich wie im thierischen Blute sich excrementitielle Stoffe zur Secretion vorbilden können, dieses im Lebenssafte der Pflanzen ebenfalls geschehen kann, weil hier die Stoffbildung überhaupt überwiegender als im Thierreiche hervortritt. Wir wollen indessen die sämmtlichen bekannten Wirkungen der Milchsäfte hier kurz nach den verschiedenen Autoren zusammenstellen. Die Nachrichten darüber sind zum Theil widersprechend; häufig sieht man nicht, ob die den Milchsäften zugeschriebenen Wirkungen diesen allein oder vielmehr den Säften des Parenchym's angehören.

Ficus heterophylla (Rheede Hort. malabar. III. t. 62). Der geschmacklose Milchsaft der Wurzel ist gegen Unterleibsschmerzen im Gebrauch.

Ficus amboinensis (Rheede Hort. malabar. III. t. 93). Den Milchsaft des Stammes gibt man Kindern, um den Ausbruch der amboinischen Blattern zu erleichtern.

Ficus indica (Rheede Hort. malabar. I. t. 28). Der Saft der Luftwurzeln ist als blutreinigend in Ostindien bekannt.

Ficus venosa Ait. (Rheede Hort. malabar. III. t. 64). Der Milchsaft der Wurzeln und das Dekokt der Rinde wirken auflösend, anticholerisch. Aehnlich ***Ficus Benjamina*** (Rumph Herb. amb. III. t. 90), und ***Ficus glomerata*** (Rheede Hort. malab. I. t. 25).

Ficus septica (Rumph. Herb. amb. III. t.96). Der Milchsaft ist gelblich, dick, bitterlich und scharf, wird zur Erzeugung künstlicher Geschwüre benutzt. Die unreifen Feigen, um Brechen und Purgiren zu erregen.

Ficus Radula W. Am Orinoco. Der scharfe Milchsaft ist als Wurmmittel im Gebrauche.

Ficus anthelminthica Mart. Der Milchsaft wird am Rio negro gegen Würmer und zum Wegbeizen der Warzen angewendet.

Ficus excelsa Vahl. (Rheede Hort. malabar. III. t.58). Die Wurzel enthält einen weissen, dicken, an der Luft roth werdender Milchsaft, der bei Leberverhärtungen angewendet wird.

Ficus elastica Roxb. (Flor. ind. III. p. 541). Der Milchsaft fliesst aus Rindenausschnitten, die in fussweiter Entfernung am Stamme und den Zweigen gemacht werden, am meisten aus den oberen Theilen der Pflanze. Der Luft ausgesetzt, gerinnt er wie Milch nach dem Zusatze von Laab, und sondert sich in eine elastische Substanz und in eine stinkende molkenartige Flüssigkeit. Das Cautschuk gebrauchen die Einwohner von Junkixur zur Bereitung von Kerzen.

Antiaris toxicaria (Rumph. II. t.87). Der Milchsaft ist klebrig und bitter, wird an der Luft braun, trocknet zu einem klebrigen Teige ein, fliesst reichlich aus Rindeneinschnitten. Mit Ingwer, Saamen des ***Capsicum fruticosum,*** Pfeffer, vermischt, zum Vergiften der Pfeile gebraucht; für sich wirkt er drastisch und emetisch; wird gegen Hautkrankheiten angewendet (Leschenault in Ann. du Muséum. VIII. p. 456).

Brosimum Alicastrum (Tussac Flore des Antilles. I. t. 9). Die jungen, einen klebrigen Milchsaft enthaltenden Blätter dienen den Bewohnern von Jamaica als Speise; die älteren Triebe und Blätter sind voll von einer scharfen, etwas ätzenden Milch, die zur Nahrung nicht dienen kann.

Carica Papaya (Rumph. Herb. amb. I. t. 50, 51). Milchsaft in allen Theilen, nicht scharf, aber bitter schmeckend, bewirkt leicht Darmentzündungen, wird mit Honig gegen Würmer gebraucht. Die Früchte süss erfrischend, aber von unangenehmem Geruch, erregen leicht Abführen.

Carica microcarpa und ***Carica pyriforis*** haben ähnliche Eigenschaften. Ich finde bei ***Carica microcarpa*** im Berliner botanischen Garten, dass nur die unreife Frucht, so lange sie grün ist, milchte. Die orangenfarbige reife Fruchthülle milcht nicht mehr, zeigt aber noch viele Lebenssaftgefässe, die ihre Contractilität verloren haben. Es sind bei den reifen und unreifen Feigen ähnliche Verhältnisse. Ich finde den Milchsaft von ***Carica microcarpa*** durchaus nicht scharf schmeckend, mehr fade bitterlich.

Der Milchsaft von ***Lactuca virosa*** und ***Lactuca Scariola*** ist bitter, wirkt beruhigend. Nur die jungen gebleichten Sallatblätter (von ***Lactuca sativa***) sind milde, die älteren grünen enthalten bittere betäubende Stoffe, so dass man auch aus ihnen Lactucarium bereitet.

Bryonia alba. Die Schärfe der Wurzel sitzt in den Secreten des Zellgewebes (Harz und Extractivstoff), daher das Dekokt benutzt wird.

Lobelia syphilitica. Die Schärfe scheint im Extractivstoffe zu sitzen, weil sie im Dekokt der Wurzel nur hervortritt.

Lobelia Cautschuc gibt Cautschuk in Quito. Der Milchsaft ist scharf.

Bei den ***Convulvulaceen*** sitzt die Schärfe im Harz, das sich im Zellgewebe findet, wie man an der Wurzel von ***Ipomoea Purga*** deutlich erkennt.

Lobelia Tulpa. Der Saft wird als Aetzmittel angewendet, erregt innerlich Erbrechen, tödtliche Entzündung (Decandolle Arzneikräfte der Pflanzen. S. 224).

Echites longiflora Desf. Brasilien. Enthält scharfen Milchsaft, vorzüglich in der Wurzel, der zu Breiumschlägen und Klystiren gebraucht wird.

Echites subrecta (Sloane. I. t. 130. Bot. mag. t. 1064). Der Milchsaft ist so giftig, dass 2 Drachmen davon einen Hund in 3 Minuten tödten. Das Voraragift soll daraus bereitet werden.

Echites syphilitica enthält auch einen scharfen, Brechen und Purgiren erregenden Milchsaft.

Apocynum androsaemifolium L. (Bot. mag. t. 280. Bigelow amer. med. bot. t. 16) enthält bitter-scharfen Milchsaft. Die ganze Wurzel als Brechmittel officinell. Aehnlich bitter ist der Saft von ***Apocynum venetum.***

Wrightia Rheedii (Nerium tomentosum Roxb.), (Rheede Hort. malabar. IX. t. 3. 4), enthält gelbe Milch. Die Blätter sind gegen Gicht im Gebrauch.

Tabernaemontana citrifolia (Plum. Pl. americ. t. 248) wird in Martinique wegen des grossen Gehaltes an Milch ***bois laiteux*** genannt.

Tabernaemontana coronaria Roxb. Der Milchsaft ist milde, gegen Augenentzündungen gerühmt.

Tabernaemontana utilis W.-Arn. Milchbaum in Guiana (Hya-Hya von Demerara, Jameson's Journal. April 1830). Die Milch ist dicker als Kuhmilch, mit Wasser mischbar, frei von Schärfe, nur klebrig, hält sich 7—12 Tage ohne Gährung. (Die spätere Gährung würde auf Zuckergehalt im Serum deuten.)

Tabernaem. persicaefolia Jacq. Hat scharf ätzenden Milchsaft.

Tabernaem. squamosa Sm. (***Vahea gummifera*** Poir.). Gibt eine Art Cautschuk.

Urceola elastica Roxb. (***Tabernaemontana*** Spr.). Der grösste Theil des ostindischen Cautschuk's wird aus dem Milchsafte dieser Pflanze gewonnen.

*

Plumiera alba L. Die ätzend scharfe Milch wird in Martinique zum Wegbeizen der Warzen benutzt (Plum. americ. t. 231). Aehnlich ***Plumiera phagedaenica*** Mart. in Brasilien.

Plumiera acuminata Dryand. (Rumph. Herb. amb. IV. t. 38). Die reichliche Milch ist ätzend scharf.

Plumiera rubra L. Westindien. ***Plumiera retusa*** Lam. Haben ätzende Milch, die als drastisches Purgans und zum Wegbeizen der Warzen gebraucht wird.

Carissa utilis Mart. Ein brasilischer Baum. Der Milchsaft ist gegen Würmer im Gebrauch.

Ambelonia acida Aubl. (Pl. de la Guiane franc. t. 104). Die saueren Beeren haben eine stark milchende Fruchtrinde, werden ohne dieselbe nach dem Abschälen gegessen. Mit der Rinde sind sie purgirend.

Willughbeia edulis Roxb. Die klebrige weisse Milch an der Luft cautschukartig gerinnend. Liefert eine schlechte Sorte Cautschuk (Royle botany of Himalayan mountains. t. 274).

Cerbera lactaria Hamilt. (***Manghas*** Gärtn. (Rumph. Herb. amb. II. t. 81). Die Milch ist nicht scharf, wie bei den übrigen, sondern milde, schmeckt nicht brennend, sondern nur fade, widrig, bitter, macht aber Purgiren.

Cerbera Thevetia L. Hat scharfen ätzenden Milchsaft in reicher Menge.

Cerbera salutaris Lour. Reichliche zähe klebrige, nicht scharfe Milch (Rumph. Herb. amb. II. t. 84), die nach dem Ausfliessen leicht eintrocknet.

Rauwolfia nitida (Plum. amer. t. 236). Westindien und Brasilien. Der Milchsaft ist zwar nicht sehr scharf, aber purgirend.

Rauwolfia canescens (Sloane. II. t. 188. Plum. 236. fig. 2). Hat ätzend scharfen Milchsaft.

Periploca graeca L. (Jacquin Misc. I. tab. 1. fig. 2). Enthält scharfen giftigen Milchsaft, mit dem man in einigen Gegenden Asiens die Wölfe tödtet.

Periploca Secamone L. Hat gelblichen scharfen Milchsaft und dient zur Bereitung des ***Scammonium Smyrnaeum.***

Hoya coronaria Blum. (Rumph. Herb. amb. V. t. 172). Dicke klebrige, nicht scharfe Milch, die auf den Molukken als kühlendes Mittel (ist daher wohl sehr sauer) bei Gonorrhöen angewendet wird. Aehnlich ***Hoya Rumphii*** Blum. (Rumph. V. t. 175. fig. 2).

Asclepias lactifera (Gymnema R. Br), in Ceylon. Enthält eine milde wohlschmeckende Milch, welche, nach Burmann's Erzählung, wie thierische Milch zum Kochen der Speisen gebraucht wird.

Asclepias syriaca L. Die Milch enthält viel Cautschuk. Der Geschmack ist säuerlich, balsamisch, nicht scharf. Geruch eigenthümlich balsamisch.

Conchophyllum imbricatum Blum. (Rumph. 5. t. 175). Enthält milde dickklebrige Milch.

Asclepias gigantea (Calotropis R.Br.), (Rumph. VII. t. 14). Scharfe, bittere, opiumartig riechende Milch, gegen Epilepsie und Paralysis im Gebrauch.

Asclepias procera Ait. Aetzender Milchsaft, drastisch purgirend, äusserlich bei Hautkrankheiten in Indien angewendet.

Kanahia laniflora R. Br. (Vahl. symb. I. t. 7), ***(Asclepias*** Forst.). Den reichlichen Milchsaft gebraucht man in Abyssinien mit Butter gegen Psora.

Gonolobus macrophyllus Michx. und ***Gonolobus discolor*** R. et S. ***(Cynanchum macrophyllum*** Jacq. ic. II. t. 342 und ***Cynanchum discolor*** Bot. mag. t. 1273). Enthalten scharfe Milch.

Cynanchum monspeliacum L. Der Milchsaft soll scharf purgirend sein.

Cynanchum viminale (***Asclepias acida*** Roxb.). Der Milchsaft milde angenehm säuerlich, daher die jungen Triebe ein durstlöschendes Mittel auf Reisen sind.

Achras Sapota L. (Sloane. II. t.230). Die jüngeren Triebe enthalten bittern Milchsaft. Die Früchte schmecken milchig quittenartig; ein beliebtes Obst.

Bassia longifolia L. Die Milch der unreifen Früchte und jungen Triebe ist gegen Rheumatismus gebräuchlich.

Clusia rosea L. (Descourtilz. VII. t.485. Tussac Fl. des Ant. IV. t. 15). Enthält einen klebrigen balsamischen zähen und bittern Saft, bei'm Ausfliessen grünlich, an der Luft schwärzlich werdend. Wird wie Gummigut und Scammonium angewendet.

Aehnlich ***Clusia flava*** L. (Sloane. II. t.200).

Mammea americana L. (Aublet. Plant. de la Guiane fr. II. t. 4. Tussac. III. t. 1). Aus den Rindeneinschnitten fliesst ein gummiharziger Saft.

Garcinia Mangostana L. (Rumph. I. t.43). Aus den verwundeten Aesten fliesst ein schmutzig gelblicher gummiresinöser Saft, der nicht benutzt wird.

Garcinia ceylanica Roxb. Gibt aus Rindeneinschnitten gelben Saft, der, eingetrocknet, das Gummigut liefert.

Der Milchsaft von ***Euphorbia officinarum*** brennt, angezündet, mit lebhafter Flamme, wie Cautschuk. Er wird in Arabien zu 6—8 Tropfen, mit Milch genommen, als drastische Purganz benutzt. Enthält, nach früheren Analysen, ein scharfes Harz, Cerin, Myricin, Phytocolla und Cautschuk.

Euphorbia canariensis und ***Euphorbia officinarum*** haben ebenfalls einen brennend scharfen Milchsaft, mit ähnlichen Bestandtheilen.

Euphorb. neriifolia L. (Rumph. Herb. amb. IV. t. 40). Den scharfen purgirenden Milchsaft braucht man in Indien gegen Wechselfieber.

Euphorbia Tiruculli. In Ostindien. Der Milchsaft, mit Milch vermengt, gegen Syphilis, äusserlich gegen Warzen in Gebrauch.

Euphorbia balsamifera Ait. Der Milchsaft wird auf den canarischen Inseln zu einer geniessbaren Gallerte eingekocht (v. Buch Beschreibung der canarischen Inseln).

Euphorbia dulcis ist auch milde; ebenso ***Euphorbia hirta*** (Wahlenberg de sed. mat. p. 66).

Die übrigen: ***Euph. Cyparissias, Euph. Esula,*** sind scharf, aber nicht bloss der ausfliessende Saft, sondern auch die Extracte der Wurzeln. Der Saft der ***Euph. Cyparissias*** klebend, von ekelhaft süsslich bitterem Geschmack, mit metallischem Nachgeschmack und heftigem Brennen auf der Zunge und im Schlunde.

Euphorbia spinosa L. (Sibthorp. flor. graeca. I. 463). Der ausgepresste Saft der Wurzel wurde von älteren Aerzten zum Purgiren gebraucht.

Euphorbia punicea Ait. Jacquin icon. III. t. 484. Descourtilz. t. 194). Der Milchsaft gerinnt an der Luft schnell zu einer graulichen, gummigen, cautschukartigen Masse, wird gegen Warzen und zum Blasenziehen auf den Antillen gebraucht.

Euphorbia genistoides L. Am Cap. Der Milchsaft äussert die scharfe Wirkung nicht sogleich im Magen, sondern erregt Entzündung der Harnwerkzeuge.

Euphorbia Characias L. (Jacquin icon. I. t. 89). An der Küste Liguriens bedienen sich die Fischer des Milchsaftes zum Tödten der Fische.

Die Ziegen fressen ***Euphorbia canariensis,*** jedoch soll ihre Milch dadurch verderben, was aufgehoben wird, wenn die Thiere später von dem Hirten an die Küste getrieben werden, wo sie Salzpflanzen fressen (DeC. Phys. veg. I. p. 264). Der scharfe Stoff der Euphorbien sitzt auch in dem fetten Oele der Saamen.

In den Croton-Arten: ***Croton origanifolium*** Lam. (Desc. VII. t. 471) tritt Balsambildung hervor; scharfe Oelbildung bei ***Croton Tiglium.***

Croton Draco hat einen blutrothen Saft.

Euphorbia Ipecacuanha. Die ganze Wurzel brechenerregend.

Ebenso ***Euphorbia aleppica*** in der Levante (Sibthorp. flor. graeca. t. 462).

Excoecaria Agallocha L. (Rumph. II. t. 79. 80). Der Milchsaft ist weiss, dicklich, ekelhaft riechend; bei'm Abreissen der Blätter, bei'm Verwunden der Zweige und vorzüglich bei'm Fällen der Bäume spritzt der Saft mit solcher Gewalt aus, dass er leicht die Augen trifft und Blindheit erregt. Diess scheint eine grosse Contractilität der Gefässe vorauszusetzen, die sich in ähnlichen Wirkungen bei ***Schinus molle*** zeigt.

Hura crepitans (Desc. II. t. 124). Enthält scharfen Milchsaft. Die Saamen schmecken angenehm, wirken aber purgirend und emetisch.

Hippomane Mancinella L. (Tussac Flore des Antilles. III. t. 5). Der Milchsaft ist ätzend, gegen schwammige Auswüchse im Gebrauch.

Sapium aucuparium (Jacquin Pl. americ. t. 158). In Surinam und Westindien. Der scharfe Milchsaft gibt eine Art Cautschuk, das man als Vogelleim oder zum Brennen anstatt des Oeles gebraucht. Hier zeigt sich also eine ähnliche Modification des Cautschuk's, wie in den jüngeren Trieben von ***Ficus elastica*** und bei den Willughbeia-Arten in Brasilien und Indien.

Sapium indicum (Rheede IV. t. 51) und ***Sapium Hippomane*** (Descourtilz. III. t. 154) besitzen ebenfalls scharfen Milchsaft.

Siphonia elastica Pl. (Aubl. II. t. 335). Der Milchsaft, welcher durch Eintrocknen das meiste Cautschuk in America liefert, ist scharf.

Iatropha Manihot. Die Wurzel enthält scharfen Milchsaft, die Schärfe ist flüchtig, kann durch's Backen und Trocknen entfernt werden.

Manihot Aipi Pohl (Pohl Plant. brasil. I. 23). Hat einen nicht scharfen Milchsaft.

7. Neue Beobachtungen über die Umbildung von Holzsaft in Lebenssaft.

§ 53.

Die Entwickelungsgeschichte des Holzsaftes gehört zwar dem Assimilationssysteme der Pflanze, also den Functionen des Holzes an, und daher gerade nicht in den Kreis der hier darzustellenden Dinge, schliesst sich indessen so genau an die Bildungsgeschichte des Lebenssaftes, dass wir von den Resultaten unserer neueren Beobachtungen hier das Einflussreichste mitzutheilen nicht für unzweckmässig halten. Es sind zwei Verhältnisse, auf welche es bei der Entstehung des Lebenssaftes aus dem Holzsafte ankömmt. 1) Die Stoffveränderungen; 2) die Organisirung.

In Betreff der Stoffveränderungen des Holzsaftes sind die bisherigen Beobachtungen sehr mangelhaft und durch allerhand Vorurtheile über die Annahme von aufsteigenden und absteigenden Säften getrübt gewesen, weshalb wir eine neue Untersuchung dieser Säfte bereits seit mehreren Jahren fortgesetzt und noch in diesem Frühlinge wiederholt haben. Es ergibt sich aus diesen Beobachtungen zunächst, dass die Annahme von einer Zunahme der festen Bestandtheile des Holzsaftes mit dem höheren Aufsteigen gar nicht in der Natur begründet ist, sondern der Saft im Gegentheile, weil er nicht in bleibender Richtung aufsteigt und unabhängig, theils in oberen, theils in unteren Theilen sich bewegt, in allen Theilen des Baumes zu derselben Zeit gleiche Bestandtheile zeigt; wohl aber ergibt sich eine Verschiedenheit der Bestandtheile nach den verschiedenen Zeitperioden des Thränens, so jedoch, dass auch hier das Umgekehrte von der gewöhnlichen Vorstellung stattfindet, nämlich dass der Saft gegen das Ende der Thränenzeit an festen Bestandtheilen nie zunimmt, sondern in den meisten Fällen abnimmt, indem die festen Theile in das Lebenssaftgefässsystem, ohne das Wasser, absorbirt werden und dieses im verdünnten Zustande im Holze zurückbleibt,

während einer Zeit, wo es durch Ausdünstung noch nicht entfernt werden kann. Ich theile darüber folgende Beobachtungen mit:

25 Unzen Weinsaft, Ende März gesammelt, gaben nach dem Eintrocknen 65 Gran festen Rückstand, also 0,53 Procent; 16 Unzen, 2 Drachmen Weinsaft, Mitte Aprils gesammelt, gaben 15 Gran trockenen Rückstand, also nur 0,19 Procent. Später nahm der Gehalt bis auf 0,09 Procent ab.

124 Unzen Birkensaft *(Betula alba)*, zu Anfang Aprils gesammelt, gaben nach dem Eintrocknen 2 Unzen trockenen Rückstand, also 1,62 Procent. 61 Unzen Birkensaft, Ende Aprils gesammelt, lieferten 6 Drachmen festen Rückstand, also nur 1,26 Procent. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich bei Ahornen und Weissbuchen, doch scheint in der allerfrühesten Zeit des Thränens der Saft ebenfalls geringere Mengen fester Theile zu enthalten.

Am wichtigsten erscheinen die Stoffveränderungen. Man hatte bisher unter den Bestandtheilen der Holzsäfte nur auf den Zuckergehalt geachtet, aber auch von diesem die Bildungsgeschichte nicht ermittelt; dagegen angenommen, dass einigen Säften, wie dem Wein, der Zucker fehle. Den Zucker der Holzsäfte hielt man bloss für Rohrzucker, und nahm in anderen Fällen harzige Bestandtheile in den Holzsäften an, nach Senebier's und Vauquelin's Versuchen. Ich finde gar keine harzigen Theile in den Holzsäften und vermuthe, dass die Annahme von Harz auf einer Verwechselung mit Traubenzucker beruht, weil beide sich in Weingeist auflösen, die Gegenwart von Traubenzucker aber ganz unbekannt war.

Wir theilen von unseren Beobachtungen nur folgende mit, aus denen sich ergibt, dass im Ganzen zwar der Zucker nie fehlt, aber häufig nicht Rohrzucker, sondern Traubenzucker ist, und dass auch da, wo viel Rohrzucker vorkommt, dieser immer mit dem nicht krystallinischen Traubenzucker verbunden ist, wie bei den Ahornen.

Ausser den Zuckerarten ist aber ein wesentlicher, überall vorkommender Bestandtheil das Gummi, welches jedoch nicht mit dem arabischen Gummi übereinkommt, sondern dem Stärkegummi ziemlich gleich ist, und sich sehr leicht in Zucker umwandelt.

Der Saft von ***Acer platanoides,*** Mitte Aprils in der Gegend von Rheinsberg gesammelt, enthielt in **25** Unzen: **6** Drachmen **45** Gran feste Substanz, also **3,37** Procent. *) Aus der trockenen Masse wurden durch kalten Alkohol **100** Gran reiner Traubenzucker, und durch heissen Alkohol noch **100** Gran mit krystallisirtem Rohrzucker vermengter Traubenzucker ausgezogen. Der Rückstand löste sich ganz in Wasser auf, und aus ihm präcipitirte zugesetzter Alkohol, in weissen Flocken, Gummi, das nach dem Trocknen **15** Gran wog. Die übrige Lösung gab nach dem Abdämpfen **3** Drachmen **20** Gran krystallisirten Rohrzucker. Im Anfange der Thränenzeit fand ich den Gummi- und Traubenzuckergehalt grösser, weniger Rohrzucker.

Der Birkensaft enthält gar keinen Rohrzucker, sondern lauter Traubenzucker und Gummi. **124** Unzen Birkensaft, Anfang Aprils in der Gegend von Rheinsberg gesammelt, gaben nach dem Eintrocknen im Wasserbade eine braune, nicht krystallinische, brüchige, leicht Feuchtigkeit anziehende Masse von Süssholz-ähnlichem Geschmack. Aus dieser extrahirte kalter Alkohol **4** Drachmen **10** Gran wenig gebräunten Traubenzucker; heisser Alkohol extrahirte dann noch **9** Drachmen mehr braunen Traubenzucker. Der in Alkohol unlösliche Theil, in destillirtem Wasser gelöst, trübte sich bei'm Zusatze von Alkohol und liess Gummi fallen, das nach dem Trocknen **55** Gran wog. Die überstehende Flüssigkeit enthielt noch Traubenzucker, der

---

*) Nach den technischen Angaben sollen in runder Summe 50 Gallonen (circa 200 Quart) Ahornsaft in Nordamerica 12 bis 14 Pfund unreinen Zucker geben. Dies würde ungefähr 3 Procent betragen. — Nach Duhamel würde der Gehalt auf 5 Procent (10 Pfund Zucker von 200 Pfund Saft) steigen.

vom Gummi eingeschlossen gewesen, und durch die erste Alkoholextraction nicht aufgelöst war. Die Menge desselben betrug 1 Drachme 55 Gran nach dem Trocknen. Die ganze Masse enthielt also 15 Drachmen 5 Gran = 1,52 Procent Traubenzucker, und 55 Gran Gummi = 0,009 Procent. Dass der Birkensaft keinen Rohrzucker enthält, erkennt man schon daran, dass er nach dem Eintrocknen nur einen braunen Syrup, aber durchaus keinen krystallinischen Zucker liefert.

Da das Eintrocknen des extractartigen Gemenges von Gummi und Traubenzucker zuletzt sehr langsam von statten geht, und selbst im Wasserbade die anfangs ziemlich farbenlose Masse später sehr braun und wie verkohlt wird, so habe ich es in den spätern Analysen vorgezogen, die Säfte gar nicht bis zur Trockne einzudicken, sondern, bei einem gewissen Concentrationsgrade, zuerst durch Alkohol das Gummi auszufällen, worauf dann die Zuckerarten sich leichter darstellen lassen.

61 Unzen Birkensaft, Ende Aprils bei Berlin gesammelt, *) und bis zur gehörigen Consistenz abgedampft, gaben durch Ausfällen mit Alkohol 20 Gran Gummi = 0,006 Procent, und 5 Drachmen 40 Gran Traubenzucker = 1,13 Procent durch Eindicken der übrigen Flüssigkeit. In diesem Falle verhält sich Gummi zu Traubenzucker wie 1:17, bei dem früher gezapften Safte wie 1:16. Gummi hat also später abgenommen, Zucker zugenommen.

Noch auffallender ist diess bei'm Weinsaft. 25 Unzen Holzsaft vom Wein, Anfang Aprils gesammelt, enthielten kaum eine Spur von Traubenzucker in 65 Gran festen Theilen, dagegen 0,5 Procent Gummi. 16 Unzen Holzsaft vom Wein, zu Ende Aprils gesammelt, lieferten

---

*) Herr Gartendirector Lenné hatte mir Erlaubniss ertheilt, im Thiergarten, bei Berlin, Holzsäfte aus verschiedenen Bäumen zu sammeln.

dagegen aus 15 Gran = 0,19 Procent festen Theilen 0,06 Procent Gummi und 0,13 Procent Traubenzucker. Der Traubenzucker hatte sich also später auf Kosten des Gummi gebildet.

53 Unzen Weissbuchensaft *(Carpinus Betulus)*, Ende Aprils im Thiergarten bei Berlin gesammelt, gaben nach dem Abdampfen im Wasserbade 80 Gran = 0,31 Procent fester Substanz, worin 1 Theil Gummi und 3 Theile Traubenzucker waren. Der früher im März gesammelte Saft zeigte fast nur Gummi und kaum eine Spur von Traubenzucker. Die eingesaugten Nahrungsstoffe scheinen hiernach zuerst in Gummi verwandelt und aus diesem der Zucker gebildet zu werden. Das Gummi der Holzsäfte verhält sich daher ganz wie Stärkegummi gegen chemische Reagentien. *)

Aus dem Gummi wird zuerst Traubenzucker gebildet und dieser dann in Rohrzucker umgewandelt. Man findet daher nicht Rohrzucker

---

*) Herr Geheime Rath Dr. Mitscherlich bediente sich zur Unterscheidung wässriger Auflösungen von Rohrzucker und Traubenzucker eines sehr charakteristischen Reagens: des schwefelsauren Kupferoxyd's, welches wir zur Auffindung kleinerer Quantitäten dieser Zuckerarten in den eingedickten Holzsäften mit Nutzen gleichfalls gebraucht haben. Rohrzuckerauflösung mit Kupfervitriolauflösung versetzt, bildet nach dem Zusatze von Aetzkali in der Wärme eine ganz klare himmelblaue Lösung. Traubenzucker dagegen bildet unter denselben Umständen ein rothes, später braun werdendes Präcipitat von Kupferoxyd und Kupferoxydhydrat, wobei häufig regulinisches Kupfer sich an den Glaswänden abscheidet. Ein talentvoller Schüler des Herrn G. R. Mitscherlich, Herr Trommer, fand, dass das schwefelsaure Kupferoxyd auch ein empfindliches Reagens für Stärkegummi abgebe, welches ich dann auch für das Gummi, wie es sich in den Holzsäften findet, anwenden konnte. Eine Auflösung von Stärkegummi, mit Kupfervitriollösung versetzt, wird nach dem Zusatze von Aetzkali charakteristisch schwarzgrün. Dies geschieht eben so mit den Auflösungen des Gummi in den Holzsäften, so dass wir kleinere Quantitäten von Gummi in den Holzsäften durch dieses Reagens leicht unterscheiden konnten. Arabisches Gummi verhält sich ganz anders. Eine wässrige Auflösung desselben, mit Kupfervitriol versetzt, bildet mit Aetzkali ein gelatinirendes himmelblaues Präcipitat in grossen Klumpen, die sich nicht wieder auflösen. Das Gummi in den Holzsäften ist also von dem arabischen Gummi ganz verschieden, wie es sich auch schon durch die directe Metamorphose desselben in Zucker hinreichend zeigt.

ohne Traubenzucker in den Holzsäften, wohl aber Traubenzucker ohne Rohrzucker, wie bei der Birke, der Weissbuche und dem Weinstocke. Eben so findet man nicht Zucker ohne Gummi in den Holzsäften, wohl aber in gewissen Perioden Gummi ohne Zucker, wie in der frühesten Zeit des Thränens bei'm Weinstock und der Weissbuche.

Diese drei Substanzen: Gummi, Traubenzucker und Rohrzucker übertragen sich nun in den Lebenssaft und bilden die Grundlage, worin sich das Cautschuk und die Saftkügelchen entwickeln. Es ist hieraus erklärlich, wie der Gummi- und der Zuckergehalt des Serum's in dem Lebenssafte entsteht. Es ist nun von dem höchsten Interesse, zu sehen, dass das Gummi und der Zucker in dem Serum der Lebenssäfte sich gerade so wie Gummi und Zucker aus den Holzsäften verhalten.

Zuerst ist hier der Milchsaft des Kuhbaumes merkwürdig. Das Gummi der Kuhbaummilch, welche ich untersuchte, verhält sich ganz und gar wie Stärkegummi und wie das Gummi aus dem Holzsafte der Birken und Weissbuchen.

Von Zucker fand ich in dem Serum des Kuhbaummilchsaftes nur eine Spur, da durch die Gährung der grösste Theil zerstört war. Jedoch zeigte sich noch eine schwache Reaction auf Traubenzucker.

Rohrzucker konnte ich in der Kuhbaummilch nicht entdecken. Ich habe auch den Milchsaft des Feigenbaumes *(Ficus Carica)* aus den Blättern und den Früchten in dieser Beziehung untersucht. Das Serum des von selbst geronnenen Saftes und ebenso das Wasser, welches auf den Milchsaft gegossen und dann abfiltrirt wurde, enthielten Gummi und Zucker, in Verbindung, gelöst. Giesst man Alkohol zu dieser Lösung, so präcipitirt sich das Gummi und der Zucker bleibt gelöst. Das so erhaltene Gummi verhielt sich ganz wie Stärkegummi, der Zucker aber wie Traubenzucker. Auch krystallisirt der Zucker nicht, wenn man die Auflösung eintrocknet. Ich habe ferner den Milchsaft

von ***Euphorbia dulcis*** in derselben Beziehung untersucht. Das Serum enthält Stärkegummi und eine Spur Traubenzucker.

Nächst den chemischen Veränderungen des Holzsaftes bei der Umbildung in Lebenssaft ist dann seine Organisirung und Kügelchenbildung von Wichtigkeit. Wir haben gesehen, dass im Laufe des Aufenthaltes und der Bewegung des Holzsaftes im Holze die organischen festen Bestandtheile (Gummi und die Zuckerarten) sich schon herausziehen und in die Lebensgefässe der Rinde übergehen, während der mehr wässerige Saft im Holze übrig bleibt.

Dadurch scheint von Hause aus der Lebenssaft eine concentrirtere Beschaffenheit zu erhalten, während die späteren Bestandtheile des Serum's, als Grundlage des Lebenssaftes, mit denen des Holzsaftes ursprünglich noch ganz identisch sind, so dass das Lebenssaftserum sich nur durch seine Concentration von dem Holzsafte unterscheidet. In dieser Gestalt scheint der Lebenssaft noch ohne Kügelchen und bei vielen Pflanzen, deren Lebenssaft überhaupt nicht milchig wird, scheint er über diese Stufe der Entwickelung wenig hinauszugehen, obgleich sich eine geringe Menge von Kügelchen in jedem Lebenssaft bildet. Die Art der Entstehung der Kügelchen scheint ähnlich wie in der Lymphe der Thiere zu geschehen, ja vielleicht eine Analogie mit der Entstehung der Kügelchen in gährenden Flüssigkeiten zu haben. Ich finde nämlich, dass die Holzsäfte nach dem Ausfliessen bei'm Aufbewahren eine ausserordentliche Neigung, sich zu trüben und milchig zu werden, haben, wobei dann sogleich eine Kügelchenbildung unter dem Mikroskope wahrnehmbar ist. Der Holzsaft vom Weine trübt sich oft schon in wenigen Stunden mehr oder weniger milchig, ähnlich dem Holzsafte der Birken und Ahorne. Ueberall sieht man dann Kügelchen, welche denen der Lebenssäfte dieser Pflanzen ähnlich sind. Inzwischen ist mit der vollendeten Kügelchenbildung zugleich eine weitere Verarbeitung und Stoffveränderung, mit welcher sich auch

der Cautschuk bildet, insbesondere eine Desoxydation durch Sauerstoffaufhäufung verbunden, bei welcher der Respirationsprocess mitwirkt, so dass erst mit dem Blätterausbruch dieser Process ungehindert vor sich geht. Diesen Gegenstand indessen können wir hier nicht weiter verfolgen.

Durch die neueren Untersuchungen von Liebig hat der Ammoniakgehalt der Holzsäfte allgemeineres Interesse gewonnen. Vauquelin entdeckte zuerst, dass der Holzsaft der Rothbuche ***(Fagus sylvatica)*** und der Weissbuche ***(Carpinus Betulus)*** Ammonium enthalte, weshalb der Dunst dieser Säfte die Augen zum Thränen reizen soll ***(Annales de Chimie. T.XXI. p.20. Expériences sur les sèves des végétaux. Paris 1799. 8.).*** Senebier bestätigte den Ammoniumgehalt in dem Weinsafte, dessen Dunst ebenfalls die Augen zu Thränen reizen soll ***(Physiologie végétale. T.II. p.244).*** Liebig und Wilbrand beobachteten, dass der eingedickte Ahornsaft, zum Zweck des Raffinirens mit Aetzkalk versetzt, eine grosse Menge Ammoniak entwickele, und dass auch der Birkensaft und der Weinsaft, mit etwas Salzsäure abgedampft, durch Zusatz von Kalk reichlich Ammoniak entwickele (J. Liebig Die org. Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Braunschweig 1840. S. 72). Ich habe bei allen meinen Versuchen mit den Holzsäften grosse Aufmerksamkeit auf den Ammoniakgehalt gewendet.

In dem frischen Holzsafte der Birken, Ahorne, der Weissbuchen, des Weines, lässt sich durch den Geruch weder bei'm einfachen Erwärmen, noch bei'm Zusatze von Aetzkali, Ammonium entdecken, und auch ein mit Salzsäure befeuchteter Stab zeigt keine Spur von Ammonium an. Auch kann ich nicht bestätigen, dass der Dunst irgend eines dieser Säfte während des Abdampfens zu Thränen reizte. Dagegen aber findet man in den eingedickten Säften des Weines und der Birken sowohl, als der Ahorne und der Weissbuchen, den entschie-

densten Ammoniakgehalt, der sich jedoch nach dem Zusatze von Aetzkali nur bei grossen Portionen durch den Geruch bemerklich macht, aber leicht gefunden wird, wenn man einen mit Salzsäure befeuchteten Stöpsel dem Gemenge nähert, wobei sich sogleich dicke Wolken von Salmiakdämpfen bilden. Der Ammoniumgehalt scheint also nicht so gross, als ihn Liebig anzunehmen geneigt ist, wenn gleich in grossen Saftmassen bedeutend genug, um wesentlich zu den Metamorphosen der organischen Stoffe, die sich aus den Säften bilden, beitragen zu können. Der Grund, weshalb die unveränderten frischen Säfte keine Reactionen auf Ammoniak zeigen, scheint darin zu liegen, dass sie sich in einem so sehr verdünnten Zustande befinden.

Bei den Lebenssäften lässt sich schon im unveränderten Zustande der Ammoniakgehalt erkennen. Ich goss auf eine geringe Quantität von ohngefähr einer halben Drachme Milchsaft vom Kuhbaume Aetzkalilauge, und fand durch Annäherung von Salzsäure bald Salmiakdämpfe, jedoch weniger stark, als man sie bei einer gleichen Menge zur Syrupdicke eingedickten Birkensaftes sieht. Der Milchsaft von ***Ficus elastica*** zeigt, auf ähnliche Art behandelt, ebenso den Ammoniumgehalt. Das Serum der Feigenbaummilchsäfte fault auch sehr leicht, und gibt durch den stinkenden Geruch das Ammonium zu erkennen. Viel Ammonium enthält der Lebenssaft von ***Leontodon Taraxacum, Sonchus macrophyllus, Tragopogon pratensis.*** Weniger der Latex von ***Musa sapientum*** und ***Papaver orientalis.***

8. Schlussbetrachtung über die organischen und chemischen Bestandtheile des Lebenssaftes.

§ 54.

Der Lebenssaft ist nach der Analogie seiner Organisation das Blut der Pflanzen, welches sich aber über die Stufe der Lymphorganisation in den Thieren entweder gar nicht, oder doch sehr wenig, erhebt, woher dann die chemischen Eigenschaften neben den organischen

Verhältnissen immer stark hervortreten. Die organischen Bestandtheile sind ein bildungsfähiges, flüssiges Plasma, in welchem die Saftkügelchen schwimmen. Die Kügelchen unterscheiden sich durch die Menge, in welcher sie im Safte angetroffen werden, durch ihre Grösse und ihre Gestalt; eine besondere Farbe fehlt ihnen, sie sind, meistens glasartig hell, selten körnig, allein sie können, ähnlich wie die farblosen Fettkügelchen im Chylus und der Milch, durch ihre grosse Menge den Lebenssaft milchig machen. Als chemischer Hauptbestandtheil kommt in ihnen das Saftfett vor, eine Mittelbildung, worin sich Eigenschaften von Fett und Wachs vereinigen. Dieses Fettwachs scheint, wie das Fett, in den Lymphkügelchen der Thiere das Material zu enthalten, woraus sich durch weitere Verarbeitung die plastischen Theile des Plasma bilden, so dass man auch Uebergangsstoffe zwischen dem Fettwachs und den Elastingebilden des Plasma findet, wohin die verschiedenen Klebharze gehören. Wenn der Lebenssaft milchig ist, so rührt die Farbe in der Regel von den Fettwachskügelchen her. Bei'm Schöllkraut ist aber das Plasma selbst gefärbt. Man bemerkt keine besonderen Lebensäusserungen an den Kügelchen. Sie bleiben bei der Gerinnung unverändert.

Das Plasma, worin die Kügelchen schwimmen, ist zuweilen gefärbt, bildet aber doch immer eine durchscheinende, seltener opake Flüssigkeit. Es enthält ebenfalls feinere Kügelchen, die aber nicht gesondert sind, sondern auseinander fliessen und das Phänomen der oscillatorischen Bewegung darbieten, die nur im Plasma ist. Man sieht sie besonders schön auch im Schattenlicht bei ***Tabernaemontana coronaria***.

Das Plasma hat, als eine Lebensthätigkeit, die Fähigkeit, freiwillig ausser der Pflanze zu gerinnen und als plastisches Product das Elastin abzuscheiden, welches als vegetabilischer Faserstoff, also als ein organisches Gebilde und nicht als chemischer Stoff, betrachtet werden

muss. Das Elastingerinnsel erscheint in mancherlei Veränderungen als Federharz (Cautschuk) oder Klebharz, und zeigt durch die harzähnlichen Eigenschaften einen Uebergang zu dem Fettwachse der Kügelchen. Die organische Elasticität des Lebenssaftes ist in dem Elastin begründet. Ausser dem Elastin, als eigentlich organischem Bestandtheile, finden sich noch Gummi, Eiweiss, Zucker und Salze, in Form chemischer Auflösungen, in dem Lebenssafte mit dem Plasma verbunden, die nach der Gerinnung im Serum bleiben.

In einigen Pflanzen findet sich Gummi in überwiegendem Verhältnisse, wie bei den Guttiferen und den Artocarpeen. Bei andern ist dagegen Eiweiss überwiegend, wie bei dem Melonenbaume *(Carica)*. In den Milchsäften scheinen beide Bestandtheile dazu zu dienen, den Saft so dickflüssig zu machen, um die grosse Menge Kügelchen schwebend erhalten zu können. Ausserdem unterscheiden sich die Milchsäfte der verschiedenen Pflanzen dadurch, dass bei einigen, wie bei dem Feigenbaume und bei'm Kuhbaume, die Masse der Kügelchen und die Menge des Wachsfettes überwiegend, bei anderen hingegen viel weniger Kügelchen, aber ein grösserer Gehalt an Elastin (Cautschuk) vorhanden ist.

Das flüssige Plasma ist der bildende Stoff des Lebenssaftes, woraus sowohl die Ernährung der organischen Substanz der Pflanze, als auch die Absonderungen der verschiedenen Stoffe in derselben entstehen. Daher wird das Plasma bei der Ernährung, dem Wachsthum, den Secretionen verbraucht, während die Kügelchen in den Gefässen ohne bildende oder andere Lebensäusserungen zurückbleiben, wie man sie in den Gefässen der reifen Feigenfrüchte z. B. so deutlich sieht. Das Material für alle Stoffbildung in der Pflanze also nicht minder, wie das Material für das organische Wachsthum, kommt vom Plasma her, und daher scheint es, als wenn die verschiedene Stoffbildung für die einzelnen Secretionen, wenn auch nicht vorgebildet, doch

im Lebenssafte vorbereitet würde, woraus dann die bei mehreren Pflanzen hervortretenden chemischen und medicinischen Eigenschaften der Milchsäfte, insoweit sie nämlich diesen Säften selbst angehören, erklärlich werden.

Das Plasma ist zugleich der allgemeine Lebensreiz für die Gefässe und die Pflanze überhaupt. Die Kügelchen können unverändert vorhanden sein und die Pflanze welkt doch, wenn das Plasma z.B. durch Frost oder Hitze seine Lebensthätigkeit verloren oder verringert hat. Die Gerinnung ist ein gänzliches Absterben des Plasma, daher die eigenthümliche tödtende Wirkung des Frostes, wodurch der Lebenssaft gerinnt (Natur der lebendigen Pflanze. Th.II. S.177). Auf keine der sonstigen secernirten Flüssigkeiten (das Gummi, die Balsame, die ätherischen Oele) hat die Temperatur eine solche Wirkung.

Betrachten wir die Entstehung des Lebenssaftes aus dem Holzsaft und die Umbildung des letzteren, so findet sich, dass der Holzsaft schon die Elementarflüssigkeit darstellt, in welche die organisirten Bestandtheile des Lebenssaftes sich hineinbilden. Die Bestandtheile im Serum des Lebenssaftes finden sich schon im Holzsafte vorgebildet. Diese Bestandtheile sind: die vegetabilischen Säuren, das Gummi, der Zukker und die Salze. Gummi, Zucker und vegetabilische Säuren sind im hohen Grade oxydirte Stoffe, aus denen sich durch Desoxydation die mehr desoxydirten (carboganisirten und hydroganisirten) organischen Producte, woraus die Kügelchen, mit dem Wachsfett und das Elastin entstehen, entwickeln. Der Respirationsprocess der Pflanzen beruht daher im Wesentlichen auf Aushauchung des Sauerstoffs aus den oxydirten Stoffen des Holzsaftes durch die blattartigen Theile (Natur der lebendigen Pflanze. Th.II. S.585 f.). Damit beginnt auch die Kügelchenbildung und die Umbildung des Holzsaftes in Lebenssaft. Diese ist also mit dem Respirationsprocess vom Lichte abhängig, und daher sehr gering in den im Finstern aufwachsenden gebleichten,

und in den keimenden jungen Pflanzen. Je stärker das Licht und die dadurch begünstigte Desoxydation des Holzsaftes wirkt, desto mehr tritt die Kügelchenbildung bis zum Milchigwerden des Lebenssaftes hervor. Aus diesem Grunde scheinen die Tropengegenden so reichlich mit Pflanzen versehen, die einen milchigen Lebenssaft in so grosser Menge enthalten, dagegen in den gemässigten Zonen wenige, in den Polarkreisen vielleicht gar keine milchenden Pflanzen vorkommen. Die Kügelchen- und Elastinbildung ist so gut in den nicht milchigen, wie in den milchigen Lebenssäften; das Milchigwerden ist eine blosse Steigerung der Kügelchenbildung im Lebenssafte, wie wir denselben Unterschied der Farbe, auf gleiche Weise erzeugt, in der Lymphe und im Chylus der Thiere sehen.

Dritter Abschnitt.

Die Lebenssaftgefässe *(vasa laticifera)*.

§ 55.

Von allen anderen inneren Organen der Pflanze sind die Lebenssaftgefässe durch die gleichförmigen glasartig durchscheinenden Wandungen, durch ihre grosse Contractilität und durch die netzförmigen Anastomosen ihrer Verzweigungen unterschieden. Dass sie ungeachtet dieser auffallenden Charactere so spät entdeckt und ihre Existenz nachher noch so häufig bezweifelt worden ist, scheint vorzüglich darin zu liegen, dass diese Gefässe durch die beiden erstgenannten Eigenschaften im Stande sind, sich so sehr zwischen den übrigen Organen zu verstecken, dass sie sich wenig bemerkbar machen, ungeachtet sie frei daliegen, besonders in denjenigen Entwickelungszuständen, wo ihre Lebensthätigkeit und ihre Contractilität am grössten ist, so dass sie dann durch ihre Feinheit und Durchsichtigkeit fast unsichtbar werden, wenn nicht eine körnige Beschaffenheit ihres Inhaltes, des Lebenssaftes, ihr Dasein anzeigt. Und selbst hier kann man noch wieder zweifelhaft werden, ob der in aderförmigen Streifen daliegende oder fliessende Saft auch wirklich in Gefässen enthalten ist oder nicht, vielmehr in nackten Gängen zwischen Zellenlücken sich befindet, wie man denn früher wirklich sogenannte Intercellulargänge für den Milchsaft anzunehmen sich genöthigt sah, so lange man den Bau der Lebenssaftgefässe nicht kannte. Mit einer genaueren Kenntniss dieses Baues indessen schwinden alle diese Zweifel, die sich auch in den Fällen des schwierigsten Auffindens darbieten möchten, da man nun

die Umstände kennt, auf welche man bei der Beobachtung seine Aufmerksamkeit zu richten hat, so dass man mit diesem Wegweiser alle früher dunkeln Pfade auf diesem Gebiete sich aufklären sieht.

Die obgenannten verschiedenen Eigenschaften der Lebensgefässe sprechen sich unter den verschiedenen Verhältnissen derselben in so mannichfaltigen Veränderungen aus, dass es schwer ist, ein festes Bild, das alle Eigenschaften zugleich umfasst, in kurzen Zügen von diesen Gefässen zu geben, weil sich an einem und demselben Gefässe kaum alle Eigenschaften in gleichem Grade ausgebildet beisammen finden, und man muss sich zunächst an hervorstechende einzelne Merkmale halten, um dann von diesen aus den Gesammtcharacter durch alle Eigenthümlichkeiten weiter zu verfolgen. Einer der vorstechendsten Charaktere der Lebenssaftgefässe ist ihre netzförmige Verbindung durch Anastomosen, mit deren Beschreibung wir beginnen wollen.

1. Die Gefässnetze.

§ 56.

In durchsichtigen lebenden Pflanzentheilen, worin man die Cyklose durch's Mikroskop beobachtet, sieht man ohne Schwierigkeiten die netzförmigen Anastomosen der Ströme. Wenn wir die Tab. XXX. Fig. 1. u. 2. gegebenen Abbildungen der Saftströme im lebenden Kelchblatte von ***Sagittaria sagittifolia*** und in der lebenden Stipula von ***Acer platanoides*** betrachten, oder die Abbildung zur Hand nehmen, welche ich von den durchscheinenden Schotenklappen und den Kelchblättchen von ***Chelidonium maius*** schon im Jahre **1824** gegeben habe (Ueber den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut. Berlin **1824**), oder, was leicht zu jeder Jahreszeit geschehen kann, wenn wir eine Stipula von ***Ficus elastica*** in zwei Blätter spalten und diese durch's Mikroskop betrachten, so erkennen wir leicht, dass ein Netz von Canälen das zwischenliegende Zellgewebe durchzieht (vergl. ***Annales des sciences natur. 1831. T. 75. Pl. 1. 2.***). Allein die anatomische Absonderung

dieses Gefässnetzes aus dem Zusammenhange der übrigen Gewebe, wodurch der Bau der Gefässe selbst sich erst klar vor Augen stellt, hat grosse Schwierigkeiten, und ungeachtet man aus den verletzten Gefässen den Saft mit Lebhaftigkeit ausströmen sieht, ist an frischen Pflanzentheilen die Präparation der Gefässe fast ganz unmöglich und gelingt hier nur in wenigen besonderen Fällen auf unvollkommene Weise, so dass man nur einzelne Gefässstücke, nicht den ganzen Zusammenhang erkennt, wie er sich bei der Saftbewegung darstellt. Die Gefässe verlaufen nämlich so geschlängelt und nach allen Seiten hin ausgebreitet, dass durch Längsschnitte, auch wenn sie parallel mit der Hauptrichtung der Gefässe geführt werden, diese dennoch in den verschiedensten Richtungen durchschnitten werden, wobei denn die verwundeten isolirten Stücke, jemehr sie noch contractibel sind, um so mehr sich zusammenziehen, ihren Saftinhalt austreiben und nun wegen ihrer Feinheit und Durchsichtigkeit zwischen den Zellen schwer oder gar nicht zu erkennen sind. Nur von grösseren weniger contractilen Gefässen kann man auf diese Art Bruchstücke darstellen. Wir wählen als Beispiel den in der Richtung der Markstrahlen geführten Längsschnitt von ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. VI.), weil hier, wie bei allen fleischigen Euphorbien, in der mehrjährigen Rinde die isolirten Lebensgefässe älter werden, ohne einzuschrumpfen und abzusterben. Man erkennt hier neben den Spiralgefässen nach aussen ein Bündel von Lebenssaftgefässen *(c)*, das nach innen in eine junge Cambiumschicht sich verliert, und deren einzelne verwundete Gefässe grösstentheils ihren Saft entleert haben, so dass sie zu durchscheinenden Röhren contrahirt sind, deren Bau man nicht genauer erkennt. Wenige Gefässe sind in dem Bündel, die noch etwas Saft enthalten. Dagegen verbreiten sich von hier aus durch die markige Rinde ältere Gefässe mit geringerer Contractilität, deren Structur man noch deutlich erkennt, wobei man zugleich sieht, auf welche Art diese Gefässe bei

Längsschnitten frischer Pflanzentheile überhaupt sich darstellen. Man sieht hier nämlich in dem Rindenzellgewebe verschiedene durch den Schnitt aus ihrem Zusammenhange getrennte Stücke grösserer Lebenssaftgefässe *(e.* **1.** bis ***e.*** **7.***)*. Alle nehmen ihren Ursprung von dem Spiralgefässbündel und der Cambiumschicht aus, und verlaufen in der Richtung nach den warzenförmigen Vorsprüngen auf der Rinde, worauf die Dornen sitzen. Da die Dornen verkümmerte Blätter sind, so scheinen die hier in der markigen Zellensubstanz der Rinde verlaufenden Lebenssaftgefässe mit denen vergleichbar zu sein, welche bei anderen beblätterten Pflanzen unmittelbar in die Blätter gehen, daher sie denn hier zum Theil noch von Spiralgefässen, ähnlich wie in den Blattadern, begleitet sind *(d)*. Die Blattorganisation und Blattfunction hat sich hier in die Rinde zurückgezogen, die als eine aufgeschwollene Blattsubstanz anzusehen ist, so dass die Blattgefässnetze hier in der Rinde zu sehen sind. In dem Zustande aber, wie der Schnitt hier die Gefässe bloss gelegt hat, ist weder die Verzweigung, noch die netzförmige Verbindung mehr im Zusammenhange, und die feineren Gefässnetze haben sich zwischen den Zellen so versteckt, dass sie aus der Tiefe nicht hervortreten. Ein vollständiges Bild von dem Zusammenhange dieser Gefässnetze erhält man, wenn sie durch Maceration völlig aus der Rindensubstanz gesondert sind (Tab. V. Fig. **1.**).

§ 57.

Der einzige Fall, wo man ohne weitere künstliche Präparation die Lebenssaftgefässe einigermaassen im Zusammenhange isoliren kann, ist bei den reifen Früchten mehrerer Pflanzen, deren markiges Zellgewebe sich aufzulösen anfängt, so dass auch die Gefässe nun freier werden, und mit leichter Mühe aus dem Zusammenhange mit den andern Theilen gelöst werden können. Diess geschieht ziemlich leicht in der reifen Frucht von ***Musa paradisiaca, Carica Papaya*** und

Ficus Carica. Morren hat die Lebenssaftgefässe aus der Feigenfrucht sehr gut abgebildet. In den meisten übrigen Fällen bei andern Pflanzentheilen muss man, um die Lebenssaftgefässe im Zusammenhange abzusondern, zur künstlichen Maceration der Pflanzentheile in Wasser seine Zuflucht nehmen, wodurch eine ähnliche Lösung der verschiedenen Theile erfolgt, wie in den reifen Früchten. Weiter als bis zu einem einfachen Zerfallen der Theile darf man die Maceration aber nicht treiben, sonst werden die Gefässe selbst sehr leicht zerstört, die von einer Zartheit des Baues sind, welche beinahe alle anderen inneren Theile der Pflanze übertrifft. Mit Hülfe von Pinsel und Pincette lassen sich auf diese Art die Gefässnetze gänzlich vom anhängenden Zellgewebe reinigen und auf's schönste im natürlichen Zusammenhange isolirt darstellen. Die Maceration hat für die leichtere Auffindung der Lebenssaftgefässe bei vielen Pflanzen zugleich den Vortheil, dass sich der Lebenssaft nach der Gerinnung mehr oder weniger auffallend färbt, z. B. rothbraun bei ***Caladium esculentum, Musa paradisiaca,*** graubraun bei manchen Asclepias-Arten u. s. w. Auf diese Art war schon früher durch die durchscheinende Färbung die Anwesenheit der Lebenssaftgefässe, freilich ohne ihren Bau näher zu erkennen, bei mehreren Pflanzen bemerkt worden, und namentlich war Moldenhawer bei'm Schöllkraut, bei ***Musa,*** bei ***Asclepias fruticosa*** auf dieselben aufmerksam geworden. Hill ***(Construction of timber. London 1774. tab. 15)*** bildet dergleichen rothgefärbte Bündel als einfache Gefässe bei ***Piscidia Erythrina*** ab.

Der Gallussäuregehalt des Lebenssaftes bei ***Musa paradisiaca*** hat mir ein Mittel an die Hand gegeben, den Verlauf der Lebenssaftgefässe in dem durchscheinenden Zellgewebe der Blattstiele und Früchte der lebenden Pflanze nach dem Aufhören der Bewegung leicht zu erkennen. Ich setzte nämlich Blattstiele und Früchte von ***Musa*** in eine verdünnte Auflösung von Eisenvitriol und von Eisenchlorid. In bei-

ben Fällen zeigte sich allmälig eine schwarzblaue Färbung des Lebenssaftes, wodurch schon bei schwacher Vergrösserung der Verlauf der Lebenssaftgefässe sehr kenntlich wurde, wenn ich eine Lamelle aus dem Blattstiele oder der Frucht betrachtete. Die Eisenauflösungen ziehen sich freilich nur langsam in die Gefässe hinein, allein sie färben dann doch nur die Gefässe; das Zellgewebe scheint nicht gefärbt.

Ein vollständiges Bild von diesen Gefässnetzen im Allgemeinen erhält man, wenn man sie aus der Rindenschicht des Stengels der Cichoraceen und Campanulaceen betrachtet, wo sie sich sehr rein vom Zellgewebe sondern lassen. Die Figuren der ersten und zweiten Tafel geben eine Anschauung davon. Die Gefässe sind hier ganz unverletzt erhalten, der Inhalt von Lebenssaft erhält sie in ihrer verhältnissmässigen natürlichen Ausdehnung, was in Längsschnitten frischer Pflanzen nie zu erreichen ist. Tab. I. Fig. 1. ist das Rindengefässnetz aus dem Stengel von ***Sonchus palustris*** abgebildet. Man sieht hier zwei parallele Bündel von Lebenssaftgefässen verlaufen, welche den Spiralgefässbündeln, an deren äusserer Seite sie liegen, entsprechen, ähnlich wie es im Querdurchschnitt bei ***Tragopogon porrifolius*** in ***Mém. sur la circulation, tab. 7. fig. 3,*** wo die Lebenssaftgefässbündel mit *a* bezeichnet sind, abgebildet ist. Die einzelnen Gefässe jedes Bündels sind nur unter sich durch querlaufende Anastomosen vielfach verbunden, wodurch das Gefässnetz entsteht. Aber nicht bloss die einzelnen Gefässe eines Bündels hängen netzförmig durch einfache Queräste zusammen, sondern von Stelle zu Stelle sind auch die ganzen Bündel, welche sonst gesondert neben einander verlaufen, selbst noch durch ein Quernetz von Gefässen vereinigt, so dass sich das ursprüngliche Netz einfacher Gefässe zugleich in einer netzförmigen Verbindung der Bündel wiederholt, und hierdurch alle Bündel der ganzen Rinde bei den Cichoraceen zu einer gemeinsamen Gefässhaut zusammenhängen, die sich im Ganzen sehr wohl erhalten an gut macerirten Stücken von dem Holzkörper

abziehen lässt. Ein grösseres Stück dieser Gefässhaut habe ich von ***Sonchus Plumierii*** Tab. II. Fig. 3. abgebildet, wo ***aaa*** drei Bündel und ***bbb*** die Quernetze, wodurch die Bündel zu einer Rindenhaut zusammenhängen, darstellen. Wo sich die ursprünglichen Gefässbündel der Dichorgana bereits zu Ringen seitlich verbunden haben, da bilden die Lebenssaftgefässe ein Netz von ganz gleich grossen Maschen, das zu einer gleichförmigen Gefässhaut um den Holzring zusammenhängt, wie es Tab. I. Fig. 3. u. 4. von ***Campanula carpathica*** und ***Campanula speciosa*** abgebildet ist. Die Maschen der Lebensgefässnetze sind um so weiter, je grösser die Gefässe selbst sind, und daher gleichförmig gross bei gleich grossen Gefässen, wie bei ***Papaver somniferum, P. nudicaule, P. dubium;*** gleichförmig klein bei kleinen Gefässen, wie bei ***Tropaeolum maius, Bocconia cordata*** (Tab. XVII. Fig. 2. 4.), ***Valeriana officinalis*** (Tab. XXVII. Fig. 2.), ***Struthiopteris germanica*** (Tab. VII. Fig. *a*). In sehr vielen Bündeln und Schichten findet man aber grössere und kleinere Gefässe beisammen, besonders in den leicht verholzenden und strauchartigen Stengeln, und dann auch Maschen von verschiedener Grösse, die in einander übergehen, wie man bei ***Campanula carpathica*** und ***Campanula speciosa*** (Tab. I. Fig. 3. 4.), bei ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 2.), ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 2.), ***Iris germanica*** in der Frucht (Tab. VIII. Fig. 4.), ***Orchis latifolia*** (Tab. IX. Fig. 2), ***Caladium pinnatifidum, Arum purpurascens, Arum maculatum, Arum macrorhizon*** (Tab. XI. Fig. 2. 3. 4. 5.), ***Caladium esculentum, Dracaena Draco*** (Tab. XII. Fig. 2. 3.), bei ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 5, *b*.), bei ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 2.), bei ***Rhus Coriaria*** (Tab. XX. Fig. 4.), bei ***Rubia tinctorum*** und ***Rubus Idaeus*** (Tab. XXV. Fig. 2. 4.), und bei vielen andern deutlich sieht. Die grösseren Gefässnetze verzweigen sich allmälig in die kleineren, doch lassen sich die feinsten Maschen durch Maceration sehr schwer und nur in den Fällen erhalten, wo sie sich auf den Zellen

verbreiten und mit diesen in Verbindung bleiben, wie bei ***Caladium esculentum*** vorzüglich schön zu sehen ist (Tab. XII. Fig. 2.).

§ 58.

Nicht leichter gelingt es, die Maschen der Netze vollständig zu erhalten, indem die seitlichen Anastomosen oft zerreissen und dann blosse Verzweigungen erscheinen, wie ich dergleichen von ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 2. *a.*), von ***Impatiens Noli tangere*** (Tab. XXIII. Fig. 2.), von ***Gingko biloba*** (Tab. XXIV. Fig. 4.), ***Iris germanica*** (Tab. VIII. Fig. 4.) abgebildet habe, und wie sie sich ausserordentlich häufig bei der Präparation der Gefässe durch Zerreissung der Netze finden. So sind in diesem Zustande abgebrochener Verzweigung die Lebenssaftgefässe im Zustande der Expansion sonst ganz naturgetreu aus ***Rubia tinctorum*** von Decaisne abgebildet worden ***(Recherches anat. et phisiolog. sur la Garance. Bruxelles, pl. 9. fig. 1.).*** Wo kleinere Gefässe aus grösseren entspringen, lösen sich die ersteren oft ganz ab, und dann erscheinen die grösseren ganz einfach und unverästelt, was ebenfalls sehr häufig zu sehen ist. Die Form der Netze ist sehr verschieden durch die Richtung, in welcher die anastomosirenden Verbindungszweige von den Stämmen abgehen. So erscheinen die Maschen zuweilen quadratisch oder vieleckig, wenn in kurzen Absätzen rechtwinklige Queräste abgehen, wie in den Verbindungsnetzen der Bündel bei den Sonchus-Arten (Tab. I. Fig. 1. 2.), im Parenchym der Frucht von ***Iris germanica*** (Tab. VIII. Fig. 4.), im Rindenzellgewebe von ***Menyanthes trifoliata (Mém. sur la circulation pl. 8. fig. 11.),*** bei ***Ipomoea purpurea (Mém. sur la circ. pl. 8. fig. 8.).***

Sehr häufig bilden die Maschen lange Rechtecke durch die in grösseren Absätzen rechtwinklig querübergehenden Verbindungsäste, besonders in solchen Pflanzentheilen, wo die Längsgefässe durch Zellgewebe von einander getrennt sind, wie in der Wurzel von ***Papaver nudicaule*** und ***Papaver somniferum*** (Tab. III. Fig. 2. 4.), in der Frucht

von ***Phoenix dactylifera*** (Tab. X. Fig. 2.), im Blattstiel von ***Arum macrorhizon*** (Tab. XI. Fig. 5.), im Blattstiel von ***Caladium esculentum*** und von ***Dracaena Draco*** (Tab. XII. Fig. 2. 3.), und in der Rinde der Campanula-Arten und Cichoraceen.

Bei weitem in den meisten Fällen aber, wo die Längsgefässe in Bündeln dicht nebeneinander liegen, gehen die Verbindungszweige in mehr oder weniger spitzen Winkeln ab und liegen oft längere Strekken dicht neben den Stämmen, so dass hierdurch überall elliptische Maschen entstehen, wie man dergleichen bei ***Struthiopteris germanica*** (Tab. VII. Fig. *a.*), bei ***Paeonia officinalis*** (Tab. XIV. Fig. 4.), bei ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 5, *b.*), bei ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 2.), bei ***Tropaeolum maius*** (Tab. XVII. Fig. 4.), bei ***Cochlearia Armoracia, Brassica oleracea, Mimosa pudica*** (Tab. XVIII. Fig. 2. 3. 5.), ferner bei den meisten Doldenpflanzen, wie ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 2, *b.* und Fig. 4. 5.), ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), bei Terebinthaceen, wie ***Rhus*** und ***Schinus*** (Tab. XX, Fig. 2. 4.) deutlich sieht. In den meisten dieser Fälle erscheinen die in Bündeln beisammen liegenden Gefässe als gestreifte Parthieen, in denen man die einzelnen Gefässe und deren Anastomosen erst dann deutlich unterscheidet, wenn man die Gefässe des Bündels seitlich auseinanderzieht und in Wasser ausbreitet. Diese Operation ist auch bei den Gefässen der Rindenschichten häufig nothwendig, um die Sonderung zu vervollständigen.

2. Die Wandungen der Gefässe.

§ 59.

Die Wände der Lebensgefässe sind aus glasartig durchsichtigen ganz farblosen Membranen gebildet, worin durchaus weder Puncte, noch Striche, noch Kreise oder Vertiefungen vorkommen, welche sich auf den Zellenwandungen so häufig zeigen. Das körnige Ansehen erhalten sie nur von dem eingeschlossenen Lebenssafte, und wo

dieser entleert ist, tritt sogleich die glasartige Durchsichtigkeit der Wände hervor. Durch diese sieht man daher die Kügelchen und Gerinnsel des Lebenssaftes überall klar durchschimmern und man kann die mit Saft erfüllten und die leeren Stellen überall deutlich unterscheiden. Man vergleiche in dieser Beziehung die Gefässe von ***Papaver dubium, Papaver somniferum*** und ***Papaver nudicaule*** (Tab. III. Fig. 2. 3. 4.), von ***Ephedra distachya*** und ***Pinus Strobus*** (Tab. IV. Fig. 2. 4.), von ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 1.), von ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 5.), von ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 2. *a.*), von ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), von ***Gingko biloba*** (Tab. XXIV. Fig. 4.). Die Gefässmembran ist zwar im Allgemeinen äusserst zart, doch ist ihre Dicke häufig grösser, als man nach der Durchsichtigkeit meinen sollte. Besonders stark werden die Gefässwandungen bei denjenigen Pflanzen, wo die Gefässe sehr alt werden, ohne zu verholzen oder einzutrocknen, wie in den fleischigen Rinden der Euphorbiaceen und Asclepiadeen. Man erkennt die Stärke der Wandungen theils auf den Querdurchschnitten, wo sich die dickeren als doppelte Kreise darstellen, wie bei ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 2. *a.*), bei ***Sambucus Ebulus (Mém. sur la circulation. Tab. 9. fig. 8. a. d.)***; theils auch bei den Längsansichten der Gefässe, die noch Saft eingeschlossen enthalten, um den sie sich fest contrahirt haben, an der Grösse des hellen Raumes, der zwischen der äusseren Grenze des Gefässes und dem eingeschlossenen Saft auf beiden Seiten erscheint. Dieser helle Raum sticht häufig gegen das undurchsichtige Dunkel des körnigen Saftes im Innern sehr stark ab, so dass die Dicke der Gefässwandung sehr deutlich dadurch hervortritt. Man vergleiche in diesem Betracht die grossen Gefässstämme bei ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 1. und Tab. VI.). Die Gefässe aus der Wurzel von ***Papaver dubium, Papaver somniferum*** (Tab. III. Fig. 3. 4.), die Gefässe aus der Rinde von ***Pinus Strobus*** (Tab. IV. Fig. 4.). Die grösseren

Gefässe von ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 5.). Bei den grossen Gefässstämmen von ***Euphorbia atropurpurea,*** die einen Durchmesser von 0,015 Linien = circa $1/66$ Linien haben, beträgt die Dicke der Gefässwandung $1/333$ Linie auf jeder Seite des Saftes, also ohngefähr $1/5$ der ganzen Gefässdicke. Die Wandungen sind hier dicker, als der ganze Gefässdurchmesser vieler kleineren Gefässe. Auch in der Wurzel des Schöllkrauts und der Mohnarten haben die Lebenssaftgefässe ziemlich dicke Wände, ebenso in der Rinde von ***Pinus Strobus,*** in der Rinde und dem Mark von ***Sambucus Ebulus,*** in den älteren Blättern der Päonien. Dagegen aber bleiben bei den meisten Pflanzen die Gefässwände äusserst dünn und zart, so dass sie weder in der Längsansicht, noch auf dem Querdurchschnitt als Grenzen von bemerkbarer Breite erscheinen. So behalten selbst die ausgedehnteren Gefässe der Syngenesisten, der Campanulaceen, der Aroideen, Liliaceen, Irideen und Polygoneen immer im hohen Grade dünne Wände. Die dickeren Wände wachsen nie in Schichten an, wie die Bastzellen, sie erscheinen ferner gleichförmig dick und haben daher nach Entfernung des Saftes nie ein punctirtes oder mit Erhöhungen und Vertiefungen gezeichnetes Ansehen. Die Gefässwände bleiben weich und biegsam, auch wenn sie ihre Contractilität verloren haben; doch ist ihre Zähigkeit und Festigkeit sehr gering und die Lebensgefässe gehören daher zu den sehr leicht zerstörbaren Pflanzentheilen, welche sich in diesem Betracht mit den Spiralgefässen und den Bastzellen ganz und gar nicht vergleichen lassen.

3. Verzweigungen der Lebenssaftgefässe.

§ 60.

Der Grundtypus der Lebenssaftgefässe ist die Netzform, ohne eigentliche baumförmige Verästelung, wie bei den grossen Gefässen der Thiere. Wo indessen Netze von feineren Gefässen aus den grösseren sich hervorbilden, da tritt eine Verbindung kleinerer und

grösserer Gefässe ein, welche auch bei völliger Integrität der Netze mit einer baumförmigen Verzweigung Aehnlichkeit erhält, wie man diess z. B. bei den Lebenssaftgefässen von ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 2.) und ***Campanula speciosa*** (Tab. I. Fig. 4.) sehr auffallend bemerkt. Wenn nun, wie dieses sehr häufig stattfindet, durch Obliteration der Verbindungsäste später die netzförmigen Anastomosen der älteren Gefässe sich auflösen, so tritt das Ansehen einer vollständigen Verzweigung ein. Diese sieht man schon häufig bei den Doldenpflanzen, wie ***Athamanta Oreoselinum, Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), den Terebinthaceen, ***Rhus Coriaria*** (Tab. XX. Fig. 4.), aber deutlicher tritt eine solche Verzweigung bei den Nadelhölzern ein, wie ich sie aus ***Pinus Strobus*** (Tab. IV. Fig. 4.) abgebildet habe. Auch ***Ephedra distachya*** zeigt ähnliche Verzweigungen (Tab. IV. Fig. 2.). Sehr auffallend erscheint sie auch bei den fleischigen Asclepiadeen und Euphorbien (Tab. V. Fig. 1.), ***Euphorbia atropurpurea.*** Ueberall aber bemerkt man hier, dass die letzten Zweige sich nicht endlos weiter verästeln, sondern immer in feinere Netze übergehen und durch diese geschlossen sind. Alle diese Ramificationen lassen sich also wieder auf die rein peripherischen Netze zurückführen; denn die Stämme, woraus die Zweige entspringen, sind ursprünglich schon vielfach und vereinigen sich nie zu wahren Centralpuncten, wie dieses durch die Entwickelungsgeschichte der Lebenssaftgefässe noch deutlicher wird, woraus sich ergibt, dass die Stämme, aus denen die feineren Netze entspringen, allmälig ihre lebendige Beziehung verlieren und anstatt Centralpuncte des Ganzen zu werden, vielmehr absterben und eintrocknen. Meyen hat von ***Hoya carnosa*** die dickwandigen verzweigten Lebenssaftgefässe als verästete Faserzellen (Neues System der Pflanzenphysiologie. I. Taf. VI. Fig. 6. 8.), und hinwiederum aus ***Ceropegia aphylla*** Bündel von schnurgeraden Bastzellen als eigene Gefässe (Lebenssaftgefässe) abgebildet (ebend. Taf. VI. Fig. 10.), also durchgängig

beide ihrer ganzen Entwickelungsgeschichte und ihrer Form nach so verschiedenartige Organe verwechselt und durcheinander geworfen. Wer einmal die Netze kennt und auf deren Zusammenhang aufmerksam ist, wird solche Verwirrungen leicht vermeiden, wodurch man beweisen will, dass die Lebenssaftgefässe aus Bastzellen entständen.

4. Altersverschiedenheiten und Entwickelungsgeschichte.

§ 61.

Man bemerkt sehr bald, dass der Lebenssaft bei jüngeren und älteren Trieben der Pflanzen in Gefässen von verschiedener Beschaffenheit enthalten ist, die sich z. B. aus älteren Theilen viel leichter als aus jüngeren darstellen lassen. In einer ganz jungen Feigenfrucht, obgleich sie bei Verwundungen mehr Milchsaft ergiesst, als ältere Früchte, wird man nur mit Mühe die feinen Lebenssaftgefässe erkennen, wogegen es leichter ist, aus einer reifen Feige die weiter ausgebildeten Gefässe darzustellen, obgleich diese bei Verwundungen wenig oder gar keinen Milchsaft mehr ergiessen. Ein ähnliches Verhältniss findet sich in allen jüngeren und älteren Pflanzentheilen, den Trieben der Zweige, den Blättern, den Wurzeln, den Rindenschichten, im jungen und alten Zustande. Je grösser die Kraft ist, mit der die jüngeren Theile den Saft bei Verwundungen austreiben, desto feiner und unscheinbarer sind die Lebenssaftgefässe, die sich durch die gänzliche Entleerung ihres Inhaltes mittelst starker Contraction so weit zusammenziehen, dass man sie wegen ihres gleichförmigen durchscheinenden Ansehens schwer erkennt, und noch schwerer isoliren kann. Man sieht solche Gefässe aus den jungen Wurzelspitzen von ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 2, *a.*). Untersucht man von derselben Pflanze ältere Wurzeln, so findet man auch viel grössere Gefässe (ibid. Fig. 2, *b.*), die nicht mehr allen Saft bei Verwundungen entleeren, sondern mit Saft gefüllt bleiben und dadurch ein ganz anderes körniges Ansehen erhalten. In noch älteren Pflanzentheilen findet man den

Lebenssaft in Gefässen, die sich der Länge nach in Absätze theilen und in Glieder abschnüren, welche, ohne dass sich das Mindeste von Saft daraus durch Contraction entleerte, ausgedehnt bleiben, wie man dergleichen aus ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2, *e.*) sieht, und wie sie in dem ***Mém. sur la circ. Pl. II. fig. 5.*** aus einer älteren Wurzel von ***Glycine Apios*** abgebildet sind. Wir haben diese drei verschiedenen Formen der Lebenssaftgefässe durch die Namen der contrahirten ***(vasa laticis contracta)***, der expandirten ***(vasa laticis expansa)***, und der articulirten Gefässe ***(vasa laticis articulata)*** unterschieden, und halten diese Unterscheidung zur Charakteristik der Entwickelungsstufen dieser Gefässe nicht minder, wie zur Aufklärung ihres oft isolirten oder vereinten Vorkommens in verschiedenen Organen naturgemäss fest. Eine Anschauung aller drei Formen im Zusammenhange sieht man an ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 2.).

a. Die contrahirten Lebenssaftgefässe *(vasa laticis contracta).*

§ 62.

Die lebendigen Haupteigenschaften der Lebenssaftgefässe, das Contractionsvermögen oder die vegetabilische Irritabilität, treten bei dieser Gefässform am stärksten hervor. Man kann als ihren wesentlichen Charakter angeben, dass sie der ganzen Länge nach contrahirt sind, aber einzelne expandirte Stellen zeigen. Häufig bemerkt man diese Gefässe der ganzen Ausdehnung nach gleichförmig zu feinen cylindrischen Röhren contrahirt, die entweder allen Saftinhalt oder doch alle grösseren Kügelchen bei Verletzungen entleeren, so dass sie ein ganz durchscheinendes oder vom geronnenen Saftplasma höchst fein gekörntes Ansehen haben. Der Lebenssaft in diesen Gefässen enthält überhaupt noch wenig Kügelchen. Die Saftcyklose in der lebenden Pflanze ist in diesen Gefässen am lebhaftesten. Untersucht man diese Gefässe in Bündeln beisammenliegend, so haben sie das Aussehen einer gedehnten feinstreifigen Masse, in der

man nur an einzelnen in ihnen eingeschlossenen Saftstreifen die Gefässnatur erkennt, wie z.B. bei ***Cecropia peltata*** (Tab. XIII. Fig. 2, *a.*), ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 5, *a.*), ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 5, *b.*), ***Tropaeolum maius*** (Tab. XVII. Fig. 4, *b.*), ***Cochlearia Armoracia, Brassica oleracea*** (Tab. XVIII. Fig. 2. 3.). Durch seitliches Auseinanderziehen der Gefässe in solchen Bündeln oder Schichten kann man dann die einzelnen Gefässe deutlicher erkennen, wie bei ***Sonchus fruticosus, Campanula carpathica*** und ***Campanula speciosa*** (Tab. I. Fig. 2. 3. 4.) an den Parthieen der contrahirten Gefässe klarer hervortritt.

Bei genauer Beobachtung bemerkt man aber bald, dass diese Gefässe nicht überall gleichförmig contrahirt sind, sondern dass sie an einzelnen Stellen mehr oder wenig zu starken Erweiterungen anschwellen, die sich durch den dunkeln körnigen Saftinhalt bemerklich machen, wie man z. B. bei ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 2.) an den mit *b.* bezeichneten Stellen sieht. Auch bei'm Schöllkraut findet man häufig solche angeschwollene Stellen der contrahirten Gefässe (Tab. XVI. Fig. 2, *e.*), ferner bei ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 5, *a.*), bei ***Tropaeolum maius*** (Tab. XVII. Fig. 4, *c.*). Oft sind lange Stellen contrahirt und dann folgen starke Erweiterungen, wie bei ***Arum maculatum*** (Tab. XI. Fig. 4, *a.*) zu sehen ist. Auf andere Art zeigt sich die Erscheinung bei den Lebenssaftgefässen der Farrnkräuter, bei ***Alsophila (Mém. sur la circulation. Tab. XXIII. fig. 2, b.)***, bei ***Struthiopteris germanica*** (Tab. VII. Fig. *a.*).

Dieses Anschwellen steigert sich dann so weit, dass man ganze Reihen von contrahirten und expandirten Stellen hintereinander sich bilden sieht, wie bei den Gefässen aus der Wurzel von ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 2, *b.*), bei ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 5, *a.*). Diese Gefässe besitzen jedoch das Vermögen, nach Entleerung des Saftes sich wieder völlig gleichförmig zu durchsichtigen

feinen Gefässen zusammenzuziehen, wie man an den längeren saftleeren Stellen bei ***Papaver dubium*** (Tab. I. Fig. **3**, *a.*) an den Gefässen des Schöllkrauts und an vielen in dem ***Mém. sur la circulation*** abgebildeten Formen leicht erkennt. Auch durch künstliche Entleerung des Saftes mittelst Drucks kann man die gänzliche Contraction der Gefässe leicht bewirken.

§ 63.

Im Leben sieht man an der Saftbewegung in diesen Gefässen, besonders in den Haaren und einzelnen Zellen, dass diese Erweiterungen der Zeit nach mit Verengerungen hintereinander abwechseln, und dass die Ausdehnungen einen viel höheren Grad erreichen können, als man an macerirten Gefässen sieht.

Auf der anderen Seite bemerkt man an lebenden Pflanzen, dass die Verfeinerung der contrahirten Gefässnetze in den Haaren und Zellen weiter geht, als man sie durch Präparation abgesondert darzustellen im Stande ist, wie man durch die Beobachtung der Cyklose in den Haaren der Campanulaceen sich überzeugt, wo nach dem Aufhören der Ströme die Gefässe ganz zu verschwinden scheinen, ähnlich wie bei den feinsten peripherischen Blutgefässen in den Häuten der Thiere. Der Zusammenhang dieser feinsten Gefässnetze mit den grösseren, durch Präparation darzustellenden, ist ganz ununterbrochen. Je feiner die Gefässe, desto grösser ist die Zahl der Anastomosen und desto dichter sind die Netze.

Die contrahirten Lebenssaftgefässe haben eine grosse Elasticität und lassen sich stark in die Länge ausdehnen, so dass sich die Maschen weit auseinanderziehen lassen und bei'm Nachlass der Gewalt wieder zusammengehen.

Ursprüngliche Entwickelung.

§ 64.

Der Zustand der Contraction ist die erste Entwickelungsstufe der Lebenssaftgefässe, der Keimzustand, in welchem sie bei'm Entstehen,

vorzüglich in den jugendlichen Pflanzentheilen, angetroffen werden. An den Formen derselben sieht man auf's deutlichste, wie unrichtig die Vorstellung einiger neueren Forscher ist, dass alle Gefässe aus sich aneinander reihenden und ineinander öffnenden Zellen entstehen sollten. Wäre dieses der Fall, so müssten ursprünglich erweiterte Räume da sein, die sich zu verengerten Röhren verlängerten. Anstatt dessen sieht man hier aber umgekehrt, dass diese Gefässe ursprünglich völlige cylindrische Canäle darstellen, in denen sich späterhin erst erweiterte Stellen bilden.

Die ursprüngliche Entstehung der Gefässe ist keine andere, als dass mit der Scheidung der Keimsubstanz in feste und flüssige Gebilde die Flüssigkeiten durch ihre Bewegung sich Gänge bilden, welche sich dann mit Wandungen umgeben. Sobald Wandungen da sind, sind es sogleich Gefässe und nie gehen Zellenhöhlen voran. Diess zeigt die umfassendste Beobachtung der ursprünglichen Entstehung des Lebensgefässsystems. Mit zellenähnlichen Bildungen (den articulirten Gefässen) hört die Gefässentwickelung auf; der Anfang ist der Zellenentwickelung ganz entgegengesetzt. Die Gefässentwickelung zeigt sich darin als Gegensatz gegen die Zellenbildung, dass bei den Zellen das Princip der Einheit und der Concentration der Thätigkeiten auf einen Punct, ein centripetales, kernbildendes Princip vorherrscht, wodurch sich die Zellen gegen einander abschliessen. Bei der Gefässbildung hingegen herrscht das Princip einer centrifugalen, fortschreitenden Ausdehnung vor, wodurch die Gefässe ineinander übergehen und den Zusammenhang der Theile in der ganzen Pflanze herstellen. Es kommt hier weniger auf äussere Formähnlichkeiten und Uebergänge, als auf Differenzen der Entwickelung von innen heraus, an.

b. Die expandirten Lebenssaftgefässe *(vasa laticis expansa).*

§ 65.

Der wesentliche Charakter der expandirten Lebenssaftgefässe ist, dass sie in ihrer ganzen Ausdehnung erweitert und von Saft aufgeschwollen erscheinen, aber einzelne contrahirte Stellen zeigen. Das Princip der Expansion herrscht vor, das Princip der Contraction ist auf einzelne absatzweise Einschnürungen zurückgedrängt, anstatt dass bei den contrahirten Gefässen das Princip der Contraction das überwiegende ist. Die expandirten Lebenssaftgefässe bilden die Stufe der vollendeten Ausbildung des Gefässsystems, also auch des Lebenssaftes, der sich in ihnen am reichlichsten versammelt. Diese Gefässe sind immer strotzend voll Lebenssafts, und erhalten durch diesen auffallend gefärbten Inhalt ein eigenes, dunkel gekörntes Ansehen, wodurch sie sich am leichtesten unter allen Formen kenntlich machen. Sie sind gewöhnlich in ihrer ganzen Längenausdehnung gleichförmig mit Saft angefüllt, so dass sie cylindrischen angespannten Schläuchen ähnlich sehen. Der Lebenssaft selbst ist hier am reichlichsten mit Kügelchen versehen und am stärksten milchig.

In ihrem Verlaufe zeichnen sich diese Gefässe dadurch aus, dass sie immer mehr oder weniger geschlängelt sind, während die contrahirten Lebenssaftgefässe mehr schnurgerade ausgestreckt erscheinen. Das geschlängelte Ansehen dieser Gefässe fällt mehr oder weniger überall in die Augen: so bei den Gefässen der Cichoraceen (Tab. I. Fig. 1. 4. Tab. II. Fig. 1—3.), den Papaveraceen (Tab. III. Fig. 2. 3. 4.), bei ***Euphorbia Caput Medusae, Euphorbia atropurpurea, Euphorbia dulcis (Mém. sur la circulation. Tab. 6. fig. 10.),*** bei ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 4. 5.), bei ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), bei ***Rubus Idaeus*** (Tab. XXV. Fig. 4.). Die Schlängelung zeichnet diese Gefässe, auch im entleerten Zustande, immer von den schnurgeraden

Bastzellen aus, womit man sie hin und wieder wohl verwechselt hat. Sie scheint in einer überwiegenden Längenausdehnung zwischen zwei festen Endpuncten begründet, welche mit der starken Ausdehnung in die Dicke durch Ueberfüllung mit Saft zugleich eintritt.

Die gleichförmige cylindrische Anschwellung dieser Gefässe wird durch absatzweise contrahirte Stellen unterbrochen, die sich in mehreren Formen bemerklich machen. Zuerst sieht man deutliche Einschnürungen im äusseren Umfange des Gefässes, während sich zugleich im Innern der Saft von diesen Stellen zurückgezogen hat, so dass hier das sonst dunkele Gefäss kleine durchsichtige Zwischenräume hat. Diess sieht man sehr deutlich bei ***Nymphaea lutea (Mém. sur la circulation. Tab. 4. fig. 2.), Calla aethiopica (ibid. Pl. 2. fig. 5.), Scorzonera humilis, Ficus Carica (ibid. Pl. 7. fig. 11).*** Sehr stark hervortretend zeigt sich die Bildung dieser Einschnürungen auch bei ***Sonchus Plumierii*** in der Rinde (Tab. II. Fig. 3, *d.*), bei ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), und in kurzen Absätzen bei ***Papaver nudicale*** (Tab. III. Fig. 2.). Werden die Absätze kürzer, die eingeschnürten Stellen aber gedehnter, so bildet diese Form den Uebergang in die ***vasa laticis contracta,*** wie bei ***Papaver dubium*** (Tab. III. Fig. 3.), ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 5.), ***Angelica Archangelica*** (Tab. XXI. Fig. 2, *b.*). Eigenthümlich und eine Wiederholung der knollenförmigen Vorsprünge an den Knoten der Spiralgefässglieder ist es, dass zuweilen an den eingeschnürten Stellen der expandirten Lebenssaftgefässe keulenförmige oder knotige Anschwellungen entstehen, wie in der Wurzel von ***Lactuca virosa,*** bei ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 2.), ***Tabernaemontana citrifolia (Mém. sur la circulation. Tab. IX. fig. 2, a.).*** Ganz unverhältnissmässig zeigen sich die starken und sehr gedehnten Einschnürungen in den grossen expandirten Lebenssaftgefässen im Mark von ***Sambucus Ebulus (Mém. sur la circulation. Tab. IX. fig. 9, d.).*** In einer andern Form zeigen sich die absatzweisen

Contractionen der expandirten Gefässe bloss im Inneren des Gefässes, wobei sich der äussere Umfang wenig oder gar nicht ändert. Die Erscheinung fällt eben so stark auf, wie die vorige Form, indem der Saft im Innern an diesen Stellen Unterbrechungen zeigt und sich von hier ganz zurückgezogen hat, so dass sich die Stellen durch ihre Durchsichtigkeit kenntlich machen. Man sieht dieses bei den Gefässen aus der Frucht von ***Phoenix dactylifera*** (Tab. X. Fig. 2.), von ***Sapium aucuparium, Euphorbia villosa, Euphorbia dulcis (Mém. sur la circulation. Pl. 6. fig. 10.)***, ***Leontodon Taraxacum*** (Tab. II. Fig. 1.), im Blattstiele von ***Sonchus Plumierii*** (Tab. II. Fig. 2.), bei ***Caladium pinnatifidum*** (Tab. XI. Fig. 2.), bei ***Atriplex hortensis*** (Tab. XIV. Fig. 2.), ***Rhus Coriaria*** (Tab. XX. Fig. 4.), ***Valeriana officinalis*** (Tab. XXVII. Fig. 2.).

§ 66.

Häufig findet man auch das Gefäss ohne Unterbrechung im Innern, gleichförmig der ganzen Ausdehnung nach, mit Saft erfüllt, die Gefässe zeigen aber im Umfange stellenweise doch unregelmässige Verengerungen, wie man dieses bei ***Sonchus palustris*** und ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 1. 2.), bei ***Campanula carpathica*** und ***Campanula speciosa*** (Tab. I. Fig. 3. 4.), ***Struthiopteris germanica*** (Tab. VII. Fig. *a.*), bei ***Bernhardia dichotoma*** (Tab. VIII. Fig. 2, *a.*), ***Orchis latifolia, Convallaria latifolia*** (Tab. IX. Fig. 2, *b.*), ***Arum purpurascens*** (Tab. XI. Fig. 3.), ***Caladium esculentum*** (Tab. XII. Fig. 2, *b.*), ***Dracaena Draco*** (ebend. Fig. 3.), ***Cecropia peltata*** (Tab. XIII. Fig. 2.), bei ***Cochlearia Armoracia*** und ***Brassica oleracea*** (Tab. XVIII. Fig. 2. 3.) findet. Diese verschiedenen Arten von Einschnürungen scheinen jedoch eine ähnliche Bedeutung zu haben, und finden sich oft in denselben Gefässbündeln vereinigt, wie bei ***Sonchus Plumierii*** (Tab. II. Fig. 3.).

Eine eigene Art von stellenweiser innerer Einschnürung der Lebenssaftgefässe findet sich bei den fleischigen Euphorbien, wo die Gefässe sehr alt und stark werden, während sie in dem fleischigen

Parenchym immer lebensthätig bleiben, ohne zu erhärten und einzutrocknen, wie in anderen älteren Pflanzentheilen.

Man sieht an den grösseren Gefässen bei ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 1. und Tab. VI.), dass der dunkel durch die Gefässwand schimmernde Saft an vielen Stellen durch Einspringen der inneren Gefässwand eingeschnitten oder auf grössere Strecken eingeengt wird, ohne dass der äussere Durchmesser des Gefässes an diesen innerlich verengten Stellen vermindert wäre. Das Gefäss ist äusserlich in der ganzen Ausdehnung von gleicher Dicke, aber seine innere Hülle ist dabei an einzelnen Stellen mehr oder weniger verengt oder erweitert, sehr auffallend an den mit *a* bezeichneten Stellen. Man sieht leicht, dass diese Erscheinung in einer stellenweisen Verdickung der Gefässwand ihren Grund hat, die sich aber im Leben periodisch ändern kann, um das Gefäss bald an dieser, bald an jener Stelle zu verengen oder zu erweitern. An die Stelle einer äusseren Contraction ist hier eine innere Turgescenz der Wandung getreten, die an einigen Stellen fast bis zum gänzlichen Verschliessen der Gefässröhre geht, so dass nur ein dünner Saftstreifen im Inneren übrig bleibt, wie umgekehrt die Gefässwand sich auch wieder soweit verdünnen kann, dass die Höhle sich sehr stark mit Saft anfüllt. Das Turgesciren des Saftes scheint hier mit dem Turgesciren der Gefässwand in einem abwechselnden Gegensatze zu stehen. Es ist nicht zu glauben, dass diese Art von stellenweiser Contraction nur bei den Euphorbien vorkommen sollte, im Gegentheile wahrscheinlich, dass sie hier wegen der besonderen Dicke der Gefässwandungen nur deutlicher hervortritt, und dass die oben angeführten stellenweisen Unterbrechungen des Saftinhalts auf ähnliche innere Veränderungen in den Gefässen zurückzuführen sind. Vielleicht hat das starke Hervortreten dieser Erscheinung bei den Euphorbien darin seinen Grund, dass die ältere äussere Hülle der Gefässwand schon mehr ihre Elasticität verloren hat und

stark geworden ist, also der Contractilität des inneren jüngeren Theils nicht mehr nachgibt. Wie es aber auch sein mag, so sieht man, dass die Contraction der Gefässhöhle hier durch eine Expansion in der Substanz der Gefässwand bedingt ist. Diese Gefässe gehören der Beschaffenheit der äusseren Wand nach schon zu der Stufe der articulirten Gefässe, innerlich aber sind sie noch auf der Stufe der expandirten, deren Ansehen sie auch behalten. Beide Entwickelungsstufen scheinen sich hier zu vereinigen. Bei den Nadelhölzern ist etwas Aehnliches, aber nicht in dem Grade entwickelt, wie bei den Euphorbien (vergl. Tab. IV. Fig. 4.).

§ 67.

Die contrahirten Stellen der expandirten Lebenssaftgefässe sind nicht permanent und können leicht wieder erweitert werden. Daher verschliessen sie auch dem Safte den Durchgang nicht, sondern diese Stellen erweitern sich durch mechanisches Andrängen desselben zu dem Umfange der expandirten Theile des Gefässes. Die Contraction dieser Stellen ist an Kraft noch geringer, als die Contraction der ganzen Gefässlänge bei den contrahirten Gefässen, doch reichen bei mehreren Pflanzen diese Contractionen einzelner Stellen schon hin, dass der andrängende Saft von der contrahirten Stelle das Gefäss keulenförmig anschwellt, wie man es in der Wurzel der Mohne und bei'm Schöllkraut häufig findet; aber im lebenden Zustande können sich auch diese angeschwollenen Stellen wieder contrahiren; wobei dann aber die Gefässe die oben beschriebenen schlangenförmigen Biegungen annehmen. Die Zahl der Anastomosen und die Dichtheit der Netze ist geringer, als bei der contrahirten Form.

c. Die articulirten Lebensgefässe *(vasa laticis articulata).*

§ 68.

Sie bilden die letzte Entwickelungsstufe, in welcher die Lebenssaftgefässe absterben, wie auch die Spiralgefässe sich in der späteren

Entwickelungsperiode sämmtlich gliedern. Der Charakter der articulirten Gefässe ist, dass die Contractionen und Expansionen der früheren Stufen an bestimmten Stellen permanent werden, wodurch sich das Gefäss in eine Reihe von Gliedern trennt, welche die lebendige Expansions- und Contractionskraft gänzlich verloren haben. Die Gliederung geht von den contrahirten Stellen der expandirten Gefässe aus und ist durch diese vorgebildet, indem sich in fixen Absätzen diese Einschnürungen wiederholen. Diese Stellen bilden sich zuletzt in wirkliche Knoten um, wodurch die Glieder sich von einander lösen können. In dem Maasse, wie dieses geschieht, obliteriren die Verbindungsäste, und die Anastomosen werden geringer noch als bei der expandirten Form.

Die Bildung der Knoten geschieht so, dass zuerst die Einschnürungen, die bei den expandirten Gefässen noch oft sehr lange Stellen zwischen den ausgedehnten Theilen der Gefässe bilden, sich verkürzen und somit die ausgedehnten Stellen verhältnissmässig länger werden. Diese Verkürzung geht so weit, dass zuletzt die Einschnürung sich auf eine quer über das Gefäss gehende dunkele Linie beschränkt, wodurch die erste Andeutung der articulirten Gefässe gegeben ist.

Häufig sind die Gefässglieder durch einfache Querstriche getrennt, ohne dass das Gefäss im Durchmesser dadurch unterbrochen wäre, so dass die Seiten noch gerade Linien bilden. Man sieht dieses in dem Rhizom und den Blattstielen von ***Menyanthes trifoliata* (*Mém. sur la circulation. Tab. 8. fig. 11.*)**, bei ***Euphorbia dulcis*** (***ib. Pl. 6. fig. 10.***), in den Gefässen der Rinde bei ***Sonchus fruticosus*** (Tab. I. Fig. 2, *c*.), bei ***Hypericum perforatum.***

In den meisten Fällen jedoch finden sich an der Stelle der Querstriche auch feine Einschnürungen im ganzen Umfange des Gefässes, wodurch die Knotenbildung stärker hervortritt, wie bei ***Atriplex hortensis*** (Tab. XIV. Fig. 4.), ***Rumex Hydrolapathum*** (Tab. XV. Fig. 2.),

Schinus molle (Tab. XX. Fig. 2, *b.*), bei ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2, *e.*), ***Acer platanoides*** (Tab. XXIV. Fig. 2.), bei ***Rubia tinctorum*** (Tab. XXV. Fig. 2.), in der Wurzel von ***Papaver somniferum*** (Tab. III. Fig. 4.), in den älteren Gefässstämmen bei ***Pinus Strobus*** und ***Ephedra distachya*** (Tab. IV. Fig. 2. 4.), im Stengel von ***Iris florentina*** (Tab. IX. Fig. 4.).

Die Enden der durch die Knoten getrennten Glieder schwellen nicht selten keulenförmig auf. Diese Erscheinung hatte bei den Gefässen des Schöllkrauts früher schon J. J. P. Moldenhawer, doch viel zu gekünstelt, abgebildet (Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. Kiel 1812. tab. 4. fig. 10.). Eine nach der Natur copirte Abbildung dieser Knotenanschwellungen bei den Lebenssaftgefässen des Schöllkrauts sieht man Tab. XVI. Fig. 2. Man findet sie besonders in den Wurzeln der Papaveraceen sehr häufig, z. B. bei ***Papaver orientale, Papaver Rhoeas,*** weniger auffallend bei ***Papaver somniferum*** (Tab. III. Fig. 4.). Nicht minder zeigen sich dergleichen Anschwellungen bei ***Urania speciosa*** (Tab. XIII. Fig. 4, *a.*), bei ***Paeonia officinalis*** (Tab. XIV. Fig. 4.). Bei den Pfefferarten (z. B. ***Piper peresciaefolium***) bilden sich oft, ohne merkliche Querstriche, besonders an den Stellen, wo die Verbindungszweige der Anastomosen abgehen, merkliche Verdickungen, wodurch aber zwischen den dadurch verbundenen Gliedern keine bestimmten Grenzen angegeben werden.

§ 69.

Hat der Zustand der Articulation seine höchste Entwickelung erreicht, so brechen die Glieder sehr leicht in den Knoten ganz auseinander, oder lösen sich vielmehr natürlich von einander ab, was sehr leicht während der Präparation der Gefässe aus dem Mark von ***Glycine Apios*** geschieht ***(Mém. sur la circulation. Tab. XI. fig. 5.)***. Hierbei sieht man, dass die Enden der Glieder an den Stellen, wo sie sich von einander lösen, eng contrahirte Mündungen haben, ohne dass

diese jedoch durch wirkliche Scheidewände ganz geschlossen wären. Der Saft kann sich zwar durch diese engen Endmündungen noch aus einem Gliede in das andere entleeren, allein viel schwieriger als im Contractions- und Expansionszustande der Gefässe, da die verengerten Mündungen der Glieder bei dem articulirten Gefässe permanent geworden sind und sich nicht wieder erweitern. Daher bleibt auch in den isolirten Gliedern der Saft gewöhnlich eingeschlossen, ohne sich zu entleeren, weil der ausgedehnte Theil der Zwischenglieder ebenso im Zustande der Expansion permanent verbleibt, und durch Contraction den Saft nicht entleeren kann.

Wenn daher diese Gefässe von Saft entleert werden, so bleiben sie im ausgedehnten Zustande und verengern sich durchaus nicht wie die expandirten und contrahirten Lebenssaftgefässe. Wenn sich also in älteren Theilen der Pflanze selbst der Saft aus diesen Gefässen herauszieht, so erhalten sie das Ansehen leerer Zellenreihen und sind wahrscheinlich früher in diesem Zustande als langgestreckte Zellen beschrieben worden.

Mit den Anschwellungen der Knoten der Lebenssaftgefässe muss man nicht gewisse Eindrücke verwechseln, welche diese Gefässe, besonders im Mark oder in markigen Theilen, durch Anlagerung grosser bauchiger Zellen erhalten. Zwischen den hierdurch entstehenden bogenförmigen Ausbuchtungen bleiben dann vorstehende Knoten stehen, z. B. ***Butomus umbellatus* (*Mém. sur la circulation. Tab. IV. fig. 9.*)**, bei ***Urania speciosa*** (Tab. XIII. Fig. 4.), die von den wirklichen Knoten aber ganz verschieden sind.

d. Uebergänge der drei Entwickelungsstufen der Lebenssaftgefässe ineinander.

§ 70.

Es gibt Mittelbildungen, durch welche die contrahirten Lebenssaftgefässe in die expandirten, und die expandirten in die articulirten

übergehen. Durch solche Mittelbildungen finden sich bei manchen Pflanzen so ununterbrochene Uebergänge von einer Entwickelungsstufe zur anderen, dass es schwer ist, die Unterschiede zu finden, während sich bei anderen Pflanzen die verschiedenen Formen wieder so getrennt finden, dass es ebenso schwer ist, die Uebergänge und Mittelbildungen herauszufinden. Diese Verschiedenheiten hängen theils von der eigenthümlichen Gesammtorganisation der Pflanzen ab, wodurch z. B. bei der bleibenden Lebensfrische in der alten fleischigen Rinde der Euphorbien die Uebergänge so unterbrochen werden, dass man kaum die Entwickelungsstufen unterscheidet, wogegen bei schnell vegetirenden und schnell absterbenden Pflanzentheilen sich mit der Reife des ganzen Pflanzentheils auch die Lebenssaftgefässe sämmtlich so schnell metamorphosiren, dass man sie überall nur in einer bestimmten Entwickelungsstufe ohne weitere Uebergänge findet, wie z. B. in den reifen Feigenfrüchten alle Lebenssaftgefässe nur im expandirten Zustande sich zeigen. In den fleischig bleibenden Pflanzentheilen, z.B. in den Beerenfrüchten, den fleischigen Blättern und Rinden bleibt ferner die Entwickelung gewöhnlich auf der Stufe der Expansion der Gefässe stehen und sie gehen nicht in articulirte über, dagegen geschieht aber in den schnell verholzenden und absterbenden Theilen, wie in den Kapselfrüchten, den trockenen Stengeln mancher Sommergewächse, z.B. der Papaveraceen, die Metamorphose der contrahirten Gefässe in die articulirten so schnell und fast unmittelbar, dass man die Stufe der expandirten selten deutlich ausgeprägt findet. Bei den Liliengewächsen und Orchideen bleiben die Lebenssaftgefässe so lange auf der Stufe der Contraction stehen, dass die ganze Entwickelung kaum über diese Stufe hinauskömmt, und nur selten die ausgedehnten Formen erscheinen. Endlich finden sich aber Familien, in denen man leicht alle oder mehrere Entwickelungsstufen der Gefässe beisammen findet, wie bei den Campanulaceen und Cichoraceen.

Diese Verhältnisse machen die Entwickelung der Lebensgefässe der Pflanzen viel ungleichförmiger, als wir es bei der Entwickelung der thierischen Gefässe zu sehen gewohnt sind.

§ 71.

Wir wollen die Uebergangsstufen zuerst bei solchen Pflanzen betrachten, wo uns alle Formen beisammen vor Augen liegen. Ein vollständiges Bild aller dieser Uebergangsformen gibt uns das Lebenssaftgefässsystem aus der Rinde von *Sonchus fruticosus,* wovon wir Tab. 1. Fig. 2. eine ganz naturgetreue Copie aller Entwickelungsstufen gegeben haben. Man unterscheidet hier sehr leicht zwei Schichten von Gefässen, eine untere Schicht von contrahirten feineren, und eine obere Schicht von grösseren expandirten Gefässen. Wir haben an der linken Seite der Figur das unter den expandirten Gefässen liegende Netz feinerer Gefässe fehlen lassen, um hier die expandirten Gefässe in ihrer reinen Absonderung deutlicher zu zeigen. In der natürlichen Lage ist die obere expandirte Schicht die äussere, ältere; die untere feinere Schicht ist die innere, dem Holz zugekehrte, jüngst entwickelte. Betrachtet man nun die einzelnen Gefässe beider Schichten genauer, so findet man bald, dass die feineren contrahirten Gefässe an mehreren Stellen Zweige nach der oberen Schicht senden, die sich allmälig erweitern und durch alle Mittelstufen in die Gefässe der expandirten Schicht, welche ihrer ganzen Ausdehnung nach expandirt sind, übergehen. Ganz oben bemerkt man dann zwischen diesen einige Formen mit allen Zeichen der Articulation, von denen bei *c* eine Darstellung gegeben ist. Verfolgt man den Znsammenhang dieser articulirten mit den expandirten Gefässen, so findet man auch hier den Uebergang und den Zusammenhang, und es leidet keinen Zweifel, dass alle die sich hier darbietenden verschiedenen Formen blosse Metamorphosen und Entwickelungsstufen desselben Gefässsystems sind, und dass die contrahirten Formen sich völlig in expandirte und

articulirte umbilden können. Ich habe wegen der zusammenhängenden Entwickelung aller drei Gefässformen und der vollständigen Uebergänge und Mittelbildungen zwischen diesen Formen gerade das Gefässsystem von ***Sonchus fruticosus*** gewählt, um daran ein Bild von dem Typus der Lebensgefässe überhaupt zu geben, wie Cuvier als Typus für die Anatomie der Fische die Anatomie des Barsches gegeben hat. An einen solchen Typus lassen sich die abweichenden Einzelnheiten bei anderen Pflanzen leicht anknüpfen und die Verschiedenheiten darauf zurückführen.

In der Rinde von ***Campanula speciosa*** finden wir ebenfalls eine doppelte Schicht von Lebenssaftgefässen (Tab. I. Fig. 4.). Auch hier enthält die innere Schicht die contrahirte, die äussere Schicht die expandirte Form, aber die articulirte hat sich noch nicht entwickelt. Man findet auch hier die Uebergänge, aber sie sind mehr direct und nicht durch allmälige Stufen vermittelt; doch lässt der Zusammenhang keinen Zweifel über die Entstehung der expandirten Formen aus den contrahirten. Dasselbe zeigt sich bei ***Campanula carpathica*** (Tab. I. Fig. 3.), bei ***Orchis latifolia*** (Tab. IX. Fig. 2.), bei ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 5.), bei ***Rhus Coriaria*** (Tab. XX. Fig. 4.), und auch in den Gefässbündeln bei'm Schöllkraut findet man dieselbe doppelte Schicht von contrahirten und expandirten Gefässen, die in einander sich verzweigen (Tab. XVI. Fig. 2.). Vergleichen wir mit diesen Formen die Gefässe von ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 1.), so findet sich bald, dass wir es auch hier mit mehreren Schichten von Gefässen zu thun haben, allein in der Natur noch viel mehr, als in dieser Zeichnung dargestellt ist, ist das Gewirre von Verflechtungen derselben so gross, dass man anfangs nicht weiss, wie man sich herausfinden und Regel und Ordnung darin erkennen soll. Die Schicht von grossen expandirten Gefässen liegt nämlich hier nicht auf einer Seite, sondern, wie man bald findet, in der Mitte einer doppelten Schicht

von contrahirten Gefässen, so dass also hier nicht zwei, sondern drei Schichten zu unterscheiden sind, die sich aber mehr als verflochtene und in einander fliessende Lagen, wie als einigermaassen begrenzte Schichten darstellen. Um das Bild nicht zu verwirren, haben wir hier die innerste Lage weggelassen und nur die mittlere und äussere dargestellt. Die Lage von grossen expandirten Gefässen entspricht auf dem Querdurchschnitt (Tab. V. Fig. 2.) der Schicht von Oeffnungen bei *a;* die innere hier weggelassene Schicht von contrahirten Gefässen entspricht der Schicht *c* auf dem Querdurchschnitt, und die äussere (auf der Figur die untere) Lage contrahirter Gefässe entspricht den gegen die Peripherie des Querdurchschnitts im Rindenzellgewebe zerstreuten Gefässöffnungen, die aber grösstentheils so contrahirt sind, dass nur wenige bei der Vergrösserung haben dargestellt werden können. Man sieht hier leicht den Unterschied, dass bei den Cichoraceen und Campanulaceen die expandirte Schicht nur nach innen eine contrahirte Schicht neben sich hat, nach aussen aber nicht; hier, bei den fleischigen Euphorbien, aber auch nach aussen in der fleischigen Rinde sich ein Geflecht von contrahirten Gefässen verbreitet. Der Grund hiervon liegt nur in der Verschiedenheit der Rindenbildung bei den fleischigen Euphorbien, welche zugleich die Blattnatur angenommen hat und daher auf doppelten Seiten anwächst, nach aussen als Blattsubstanz, nach innen wie alle andere Rinden. Anstatt also dass andere Rinden nach aussen schichtenweise absterben, tritt bei den Pflanzen mit fleischigen blattlosen Stengeln gleichsam ein inneres Blättertreiben ein, und daher auch eine demgemässe Gefässentwickelung. So sehen wir also, von der ursprünglichen, um den Holzring entwickelten Lebenssaftgefässschicht aus, nach innen sich eine junge Schicht contrahirter Gefässe entwickeln, die ihre Anastomosen in die ältere expandirte Schicht hineinsendet, und ebenso bilden sich nach aussen in der Blattrinde, wenn ich so sagen darf, Netze von contrahirten Gefässen,

welche durch alle Uebergänge ebenfalls mit der Mittelschicht zusammenhängen.

§ 72.

Hieraus sieht man nun, wie eigentlich die Bedeutung der Verzweigung der Lebenssaftgefässe aufzufassen ist. Die Verzweigung geht nicht, wie es den Anschein hat, von unten nach oben, oder in der Wurzel von oben nach unten, sondern sie geht vielmehr nur von den äusseren Schichten nach innen und von den inneren Schichten nach aussen. Daher tritt denn auch diese Verzweigung da am entschiedensten auf, wo die Entfernung der äusseren und inneren Schichten am grössten ist, nämlich in den markigen Rinden. In der That aber sind alle diese Verzweigungen nur scheinbar und nichts anderes, als Verbindungen der jüngeren und älteren Lebensgefässschichten, von denen die Gefässe der älteren als Stämme, die der jüngeren als Zweige erscheinen. Beide sind aber in der That identisch, denn die jüngeren werden wieder zu älteren, d.h. die contrahirten werden zu expandirten, und beide haben eine und dieselbe Function und Bedeutung. Wo daher die Schichten dicht auf einander liegen, wie bei den Syngenesisten und Campanulaceen, da sind die Verbindungen fast unmittelbar und das verzweigte Ansehen tritt wenig oder gar nicht hervor.

Sehen wir nach diesen Betrachtungen die Lebenssaftgefässe der Nadelhölzer an (Tab. IV. Fig. 2. 4.), so lernen wir auch diese Formen schon mehr verstehen. Die grossen Stämme gehen, im Ganzen gleich dick, von unten nach oben fort; sie verzweigen sich eigentlich nicht in der Richtung von unten nach oben. Vielmehr gehen die Zweige, welche von ihnen entspringen, alle schräg nach innen oder nach aussen. Die Verzweigung nach aussen ist hier viel geringer als bei den markigen Euphorbien, aber bei denjenigen Nadelhölzern, die, wie ***Pinus Strobus,*** lange eine grüne Rinde behalten, fehlen doch die äusseren Zweige nicht. Alle Zweige aber lösen sich am Ende in Netze

von contrahirten Gefässen auf, die den jüngeren Schichten angehören. Die Schichten treten nur nicht so deutlich hervor, wie bei den Campanulaceen und Cichoraceen. Die Formen bei den Doldenpflanzen, z.B. ***Cicuta virosa*** (Tab. XXII. Fig. 2.), erklären sich nun von selbst, und noch mehr, wenn man die Gefässe bei ***Atamantha Cervaria*** betrachtet, wo mehr, als mir bei irgend einer anderen Pflanze aufgefallen ist, die Richtung der Verbindungszweige von der expandirten und articulirten nach der contrahirten Schicht, nicht allein von unten nach oben, sondern gleichzeitig immer auch von oben nach unten geht; so dass die präparirten Gefässe sich immer nach zwei Richtungen hin in feinere Netze auflösen.

Von mehreren Pflanzen nun haben wir aus mehreren Schichten die Gefässe ohne den Zusammenhang durch Anastomosen beider abgebildet, weil wir gerade nur isolirte Formen antrafen und es für besser hielten, beide Formen als nur eine zu vergleichen, und weil es, nachdem einmal bei so vielen die Verbindung der verschiedenen Formen dargestellt ist, mehr darauf ankommt, nur überhaupt die Anwesenheit der Lebenssaftgefässe in vielen Längsansichten zu zeigen.

Dagegen haben wir auch manche Formen gezeichnet, wo sich ein unmittelbarer Ursprung der contrahirten Gefässe aus den articulirten ohne die Vermittelung der expandirten zeigte. Man sieht dieses in den Gefässbündeln der Blattstiele von ***Arum maculatum*** (Tab. XI. Fig. 4.), bei ***Urania speciosa*** (Tab. XIII. Fig. 4.), bei ***Oxalis tetraphylla*** (Tab. XXVIII. Fig. 2.). Auch in dem ***Mém. sur la circulation*** sind dergleichen Formen abgebildet, z. B. bei ***Tabernaemontana citrifolia*** Tab. IX. Fig. 2, *a*.). Man sieht hier überall, dass die feineren Gefässe aus den Knoten der Glieder der articulirten entspringen, ähnlich wie die Knoten an den Zweigen der Pflanze neue Triebe entwickeln.

Nicht minder sind die verschiedenen Entwickelungsstufen der Gefässe in den Bündeln oder Rinden in Schichten von einander geson-

dert, sondern häufig findet man die verschiedenen Formen ohne besondere Ordnung durcheinander liegend, wie diess z. B. bei ***Rubia tinctorum*** (Tab. XXV. Fig. 2.) und ***Rubus Idaeus*** (ebend. Fig. 4.), bei ***Gingko biloba*** und ***Acer platanoides*** (Tab. XXIV. Fig. 2. 4.), bei ***Mimosa pudica*** (Tab. XVIII. Fig. 5.), ***Brassica oleracea*** (ebend. Fig. 3.) der Fall ist.

Häufig habe ich durch die Maceration nur die eine oder die andere Entwickelungsstufe erhalten, z. B. nur die contrahirten Formen bei ***Bocconia cordata, Tropaeolum maius*** (Tab. XVII. Fig. 2. 4.), bei ***Commelina coelestis*** (Tab. XXIX. Fig. 3.), in anderen Fällen nur die expandirten, wie bei ***Plantago maior*** (Tab. XXIII. Fig. 5.), doch habe ich in vielen Fällen, wo beide Entwickelungsstufen vorhanden waren, nur die expandirten gezeichnet, um die Verbindung der Netze deutlicher zeigen zu können, wie bei den Papaver-Arten (Tab. III. Fig. 2. 3. 4.) und bei ***Sonchus palustris*** (Tab. I. Fig. 1.), oder die contrahirten Formen sind nur angedeutet worden, wie in dem Netz aus ***Sonchus Plumierii*** (Tab. II. Fig. 3, *c*.), so dass aus den isolirten Darstellungen einzelner Formen nicht zu folgern ist, dass die anderen Entwickelungsstufen nicht vorhanden gewesen seien; doch sind die feinsten Netze durch Maceration nicht zu erhalten.

Man sieht also im Ganzen unzweifelhaft, dass die unterschiedenen drei Formen nur Entwickelungsstufen derselben Gefässe sind, was noch am unzweifelhaftesten sich dadurch kund gibt, dass in allen drei Formen derselbe Lebenssaft enthalten ist. Dieser Inhalt ist von besonderer Wichtigkeit, und in zweifelhaften Fällen oft der einzige Charakter, wodurch man die Lebenssaftgefässe von feineren Bastzellen, wenn beide noch im Zusammenhange mit dem Zellgewebe durcheinander liegen, und die Verzweigungen und Netze nicht deutlich zu erkennen sind, unterscheiden kann.

5. Grösse und Form des Querdurchschnitts.

§ 73.

Die Dicke der Lebenssaftgefässe ist nach den verschiedenen Entwickelungsstufen derselben sehr verschieden, und die Breite zwischen den Grenzen der höchsten Feinheit und der grössten Dicke, welche diese Gefässe in einer und derselben Pflanze erreichen, ist viel grösser, als bei den peripherischen Gefässen der Thiere. Die kleinsten Lebenssaftgefässe sind viel kleiner als die kleinsten peripherischen Gefässe der Thiere, und die grössten Lebenssaftgefässe sind viel grösser als die ausgedehntesten peripherischen thierischen Gefässe. Die grossen expandirten Lebenssaftgefässe im Mark von ***Sambucus Ebulus*** messen zwischen 0,06—0,07 Linien, also circa 1/14—1/16 Linie, so gross werden die peripherischen thierischen Gefässe nie, selbst bei den Amphibien nicht, es müssten denn krankhafte Ausdehnungen sein. Dagegen messen die feineren contrahirten Gefässe, welche man durch Maceration isoliren kann, bei den Cichoraceen, z.B. bei ***Sonchus fruticosus,*** nur 0,002‴, also 1/500 Linie. Allein dieses ist bei weitem nicht der feinste Durchmesser, den diese Gefässe erreichen, vielmehr werden die feinsten selten oder nie durch Maceration erhalten, und man sieht an dem Durchmesser der Strömungen in den Zellen und Haaren bei den Cucurbitaceen und Campanulaceen, dass die Gefässe zum Theil nur den Durchmesser von 1/1000 Linie haben. Diese Feinheit erreichen, wenigstens in der Regel, die thierischen peripherischen Gefässe nicht, und nur die plastischen Gefässe der durchsichtigen Augentheile einiger Vögel und Säugethiere möchten diesen Pflanzengefassen gleich zu stellen sein. Man kann annehmen, dass die contrahirten Lebenssaftgefässe, wenn sie durch Maceration abgesondert sind, im Mittel einen Durchmesser von 1/500 Linie haben. Nächst den auf den Zellenwänden verbreiteten, findet man die feinsten um die Balsamcanäle der Doldenpflanzen und Terebinthaceen, wo sie von

unglaublicher Zartheit erscheinen. Bei ***Angelica Archangelica*** sind die feinsten 0,0012''', also 1/830 Linie. Die contrahirten Gefässe bei ***Acer platanoides*** sind 0,002''', bei ***Gingko biloba*** 0,0024''', bei ***Rubus idaeus*** 0,0025''', bei ***Rubia tinctorum*** die kleineren 0,0013, die grösseren 0,0026''', bei ***Euphorbia atropurpurea*** 0,0025'''.

Die expandirten Formen sind bei ***Leontodon Taraxacum*** 0,0035''', bei ***Sonchus Plumierii*** 0,0065''', bei ***Sonchus fruticosus*** 0,0056''', bei ***Campanula carpathica*** 0,0042''', bei ***Campanula speciosa*** 0,0046''', bei ***Papaver somniferum*** 0,0047''', bei ***Papaver dubium*** 0,0045''', bei ***Papaver orientale*** in der alten Wurzel 0,005'''. Die Stämme der expandirten Gefässe bei ***Euphorbia atropurpurea*** sind 0,032''', das ist circa 1/30 Linie. Sie sind gut mit blossen Augen unterscheidbar.

Im Ganzen scheint es, dass, ähnlich wie im Thierreich, die grössten peripherischen Gefässe sich da finden, wo die grössten Blutbläschen vorhanden sind, auch bei den Pflanzen mit sehr grossen Saftkügelchen die grösseren expandirten Gefässformen vorkommen. Wenigstens haben ***Musa paradisiaca, Sambucus Ebulus, Euphorbia meloformis, Euphorbia atropurpurea*** grosse Kügelchen und grosse Gefässe.

Aber auch die Menge der Kügelchen in dem Lebenssafte scheint die Grösse der Gefässe zu bestimmen. So sind sie, im Ganzen genommen, am grössten, wenigstens am häufigsten expandirt, bei den Pflanzen mit milchigem Lebenssafte; dagegen bleiben sie bei allen Pflanzen mit nicht milchigem Lebenssafte viel kleiner, und gleichen immer mehr den contrahirten Gefässen der Milchsaft führenden Pflanzen. Doch finden sich wieder Ausnahmen, wie ***Sambucus, Musa;*** aber bei den Gräsern, Chenopodeen, Labiaten, Cruciferen, vielen Hülsenpflanzen, bleiben sie immer sehr fein. Der Umfang der Lebenssaftgefässe ist nicht, wie es bei der Längsansicht scheint, immer rund, sondern häufig mehr oder weniger elliptisch, breit gedrückt oder

eckig. Man erkennt diess am besten an den Querdurchschnitten, welche selten ganz runde Oeffnungen darstellen. Die Gefässe bilden also keine cylindrische, sondern oft eckige Röhren, und diese Ecken scheinen durch das gedrängte Nebeneinanderliegen in Bündeln, ähnlich wie bei den Zellen, zu entstehen.

6. Lage der Lebenssaftgefässe in den Gefässbündeln und Schichten.

§ 74.

Zunächst finden wir, dass die Lebenssaftgefässe in den Gefässbündeln immer die Spiralgefässe begleiten und die Bündel nicht, wie man früher glaubte, nur aus Spiralgefässen gebildet, sondern immer aus zwei Gefässsystemen zusammengesetzt und eigentlich nie einfach, d.h. aus blossen Spiralgefässen gebildet sind. So lange die Gefässe in gesonderten Bündeln bleiben, sei es nun in den jungen Stengeln der Dichorgana, oder während des ganzen Lebens im Stamme der Synorgana, oder in den Blattstielen von beiden, sind in jedem Bündel immer beide Gefässsysteme vorhanden. Die Vereinigung beider Gefässsysteme löst sich nur mit dem Verwachsen der kreisförmigen Bündel der Dichorgana zu Holz- und Rindenringen, wo dann alle Bündel sich zu einem einzigen vereinigen, so dass der ganze Stamm nur ein Gefässbündel repräsentirt, das seine Spiralgefässe in der Mitte und seine Lebenssaftgefässe im Umfange hat. Diess ist also nur eine Sonderung, um eine höhere Vereinigung einzugehen. Bei der feineren Vertheilung der Gefässbündel bildet sich aber ein Unterschied, nämlich dass hier die Spiralgefässe nie, selbst in den feinsten Blattrippen nicht, einzeln ohne Lebenssaftgefässe verlaufen, die Lebenssaftgefässe aber sich zur Ernährung der einzelnen Organe, durchaus ohne Spiralgefässe, in das Zellgewebe der Rinde, des Marks u.s.w. verbreiten.

Wir betrachten nun zuerst die Lage in den gesonderten Bündeln, dann in der Rinde der Dichorgana, zuletzt die isolirte Verbreitung im Zellgewebe u.s.w.

a. Lage in den Gefässbündeln.

§ 75.

Das Vorhandensein der Lebenssaftgefässe neben den Spiralgefässen in den Bündeln ergibt sich aus den Längsansichten und auf den Querdurchschnitten. Allein bei den Längsansichten treten diese Gefässe in Längsschnitten frischer Pflanzen durchaus nicht so hervor, wie die Spiralgefässe, welche sich auch zwischen anderen Theilen sehr bemerklich machen. Vielmehr hindert die Contraction der Lebenssaftgefässe dadurch ihre Erkennung, dass sie ihren Inhalt bei Verletzungen entleeren, und dann wegen ihrer Durchsichtigkeit sich dem Auge zwischen den übrigen Theilen entziehen, oder doch in ihrer reinen Gestalt durchaus nicht zu erkennen sind, wie man an einem Längsschnitt durch ein Bündel im frischen Zustande bei ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. VI. *b.*) sieht, wo der Bau der Lebenssaftgefässe nur an den aus dem Bündel isolirten Gefässen hervortritt. Solche Längsschnitte, wie sie schon so vielfach abgebildet worden, haben für die Kenntniss des Baues der Lebenssaftgefässe nicht den mindesten Werth, im Gegentheil täuschen sie bloss, weil sie uns das Hauptorgan gänzlich verhüllen. Nur wenn durch Maceration die Theile von einander gelöst und die Lebenssaftgefässe in Integrität gesondert werden, zeigen sie sich deutlicher in den Bündeln. Wir haben, um diess anschaulicher zu machen, aus mehreren Pflanzen die Spiralgefässe neben den Lebenssaftgefässen der Bündel abgebildet, obgleich wir auf den Bau der ersteren hier weiter keine Rücksicht nehmen können. So aus ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 2.), aus ***Struthiopteris germanica*** (Tab. VII. *a. b.*), aus der Frucht von ***Iris germanica*** (Tab. VIII. Fig. 4.), aus dem Stengel vom Maïs (Tab. X. Fig. 4.), von ***Arum purpurascens, Arum maculatum, Arum macrorhizon*** (Tab. XI. Fig. 3. 4. 5.), von ***Caladium esculentum*** (Tab. XII. Fig. 2.), von ***Cecropia peltata*** und ***Urania speciosa*** (Tab. XIII. Fig. 2. 4.), von ***Atri-***

plex hortensis (Tab. XIV. Fig. 2.), aus dem Blattstiele von ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 5.), von ***Mimosa pudica*** (Tab. XVIII. Fig. 5.), und von vielen andern Pflanzen und Pflanzentheilen, die man auf den Tafeln leicht nachsehen kann.

Wir sehen also zunächst entschieden, dass die Gefässbündel nie allein aus Spiralgefässen gebildet sind, wie man früher annahm, sondern dass die Spiralgefässe überall die Lebenssaftgefässe neben sich haben. Bevor man den Bau dieser Gefässe genauer kannte, hat man sie als langgestreckte Zellenformen angesehen, deren Ansehen sie allerdings, wo sie in Bündeln gedrängt zusammenliegen, häufig haben.

§ 76.

Wenn es nun nach Untersuchung der Längsansichten keinen Zweifel leidet, dass in allen Gefässbündeln die Spiralgefässe noch Lebenssaftgefässe neben sich haben, so ist jedoch die genaue Erkenntniss und Bestimmung der Lage der Lebenssaftgefässe im Verhältniss zu den Spiralgefässen und den die Bündel umgebenden Zellenformen nur auf dem Querdurchschnitt möglich. Bei dieser Erkenntniss kommt nun die Form und sonstige Beschaffenheit der Oeffnungen, welche die Lebenssaftgefässe im Querdurchschnitt zeigen, sehr in Betracht, weil sie sich hierdurch eben so eigenthümlich auszeichnen, wie die Spiralgefässe, so dass ihre Stellung im Ganzen, wenn sie einmal erkannt sind, sehr leicht in die Augen fällt. Wir haben bereits vorhin gesehen, dass die Querdurchschnitte der Lebenssaftgefässe nicht immer runde oder rundliche, sondern häufig eckige zellenähnliche Formen darbieten. Bei aller dieser Verschiedenheit aber fällt dann die Eigenthümlichkeit auf, dass nicht, wie bei den Bastzellen, die Oeffnungen sämmtlich untereinander gleich gross, sondern von ganz verschiedener Grösse erscheinen, weil nämlich in jedem Bündel contrahirte und expandirte, oft zugleich articulirte Lebenssaftgefässe nebeneinander und durcheinander liegen, so dass die Querdurchschnitte alle

Abstufungen von Grösse zwischen den punctförmigen Oeffnungen der contrahirten bis zu den weit aufstehenden der expandirten und articulirten zeigen. Diese Verschiedenheit in der Grösse der Oeffnungen charakterisirt die Lebenssaftgefässe im Querdurchschnitt besonders. J. J. P. Moldenhawer, der sonst in Betreff der Darstellung dieser Gefässe bei'm Maïs und bei'm Schöllkraut überall der Wahrheit unter Allen am nächsten gekommen ist, gerieth durch die Verschiedenheit der Grösse der Oeffnungen auf die Vorstellung, dass die grösseren Oeffnungen von Zellen herrührten, zwischen deren Ecken die Lebenssaftgefässe (*vasa propria* bei Moldenhawer) gelagert seien, und hat auch, jedoch nicht naturgetreu, die kleinen Oeffnungen regelmässig in Quincunx, zwischen grösseren Oeffnungen gelagert, abgebildet (Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. S. **130.** § **36.** taf. **1.** fig. **1**, *b*.). Vergleicht man hiermit die vollkommen nach der Natur copirte Abbildung, welche wir vom Durchschnitt des Maïsstengels gegeben (Tab. X. Fig. **3**.), so sieht man, dass die kleineren Oeffnungen nicht regelmässig zwischen grösseren gelegen, sondern überall zwischen ihnen vertheilt sind, und dass durchaus keine Grenze der Grösse zwischen beiden vorhanden, sondern dass die kleineren durch alle Abstufungen allmälig bis zu den grössten sich erweitern. Dadurch erhält die ganze (mit *a* bezeichnete) Abtheilung des Gefässbündels, welche die Lebenssaftgefässe repräsentirt, einen eigenthümlichen Habitus, wodurch man diesen Theil leicht von den übrigen Bestandtheilen des ganzen Bündels unterscheidet. Die kleineren und grösseren Oeffnungen im Querdurchschnitt entsprechen also allein den zur Seite (Fig. **4**.) abgebildeten verschiedenen Entwickelungsstufen der Lebenssaftgefässe. Mohl hat in dem schönen Werk „*de palmarum structura*" im Ganzen die Oeffnungen der Lebenssaftgefässe unter dem Namen ***vasa propria*** auf dem Querdurchschnitt richtig abgebildet, aber die Structur in den Längsansichten noch nicht beachtet.

Ausser der verschiedenen Grösse der Oeffnungen erhalten aber die Parthieen der Lebenssaftgefässe auf den Querdurchschnitten der Gefässbündel noch ein eigenthümliches Ansehen durch die Zartheit ihrer Wandungen, welches aber bei den verschiedenen Pflanzen je nach der Stärke und dem Alter der Gefässe überhaupt sehr verschieden ist, diese Gefässe selbst aber von den anliegenden Theilen immer sehr merklich unterscheidet. Gemeinhin erscheinen die Parthieen der Lebenssaftgefässe in den Bündeln heller, als die übrigen Theile und gleich stark abstechend gegen die dunkeln Spiralgefässe, wie gegen die, die Lebenssaftgefässe nach aussen bedeckenden, dickwandigen Bastzellen. Nicht selten sind die Mündungen einiger Oeffnungen noch mit Lebenssaft gefüllt, der sich durch die Contraction der Wandungen auch in dünneren Querschnitten erhält und wodurch die Oeffnungen geschlossen, also ganz dunkel erscheinen (Tab. V. Fig. 2. bei ***Euphorbia atropurpurea,*** besonders im Mark).

§ 77.

Vergleicht man nun mit diesen Rücksichten die Lage der Lebenssaftgefässe auf den Querdurchschnitten der Gefässbündel, so findet sich zunächst das allgemeine Gesetz, dass überall die Spiralgefässe der Bündel nach der Stengelachse, oder nach innen, die Lebenssaftgefässe aber nach der Stengelperipherie oder nach aussen zu gelegen sind, und dass auch in allen übrigen Pflanzentheilen, in den Wurzeln, den Blattstielen, den Früchten, die Lebenssaftgefässe immer die äussere Seite der Spiralgefässbündel einnehmen, wobei sie in der Regel dicht an die Spiralgefässe anliegen, so dass keine Zwischenbildung zwischen beiden vorhanden ist. Hierbei ist denn zugleich noch ein dritter Theil zu berücksichtigen, der ziemlich allgemein als zu den Bündeln selbst gehörig und diese bedeckend oder einschliessend, betrachtet werden kann, nämlich die Lage von Bastzellen, welche in

jedem Bündel zu äusserst oder ganz gegen die Stengelperipherie gerichtet ist. Auf die Unterscheidung dieser drei Theile: der beiden Gefässsysteme und der Bastzellen, kommt es bei der Betrachtung der Querdurchschnitte der Bündel zunächst an. Die Oeffnungen der Spiralgefässe sind immer am leichtesten durch ihre dunklen, meist gerundeten Ränder zu erkennen; sie sind in der Regel in allen Figuren mit dem Buchstaben *b* auf den beigegebenen Abbildungen der Querdurchschnitte bezeichnet. Darauf folgen dann an der äusseren Seite derselben die Oeffnungen der Lebenssaftgefässe, welche gewöhnlich mit *a* bezeichnet sind. Diese sind dann ganz nach aussen begrenzt von einer Schicht von Bastzellen, die mit *c* bezeichnet und fast überall daran kenntlich sind, dass sie sämmtlich untereinander gleich grosse und sechseckige Oeffnungen bilden, worin die dicken Wandungen durch doppelte Striche bezeichnet sind. Dadurch erhalten die quer durchschnittenen Bastzellen ein so eigenthümliches Ansehen, dass man sie in älteren Theilen, wo ihre Wände gehörig ausgebildet sind, nie verfehlen kann.

Gefässbündel der monokotyledonen und dikotyledonen synorganischen Pflanzen.

§ 78.

Obgleich die Lebenssaftgefässe neben den Spiralgefässen in den Stengeln aller sowohl synorganischen als krautartigen dichorganischen Pflanzen sich finden, und die Gefässbündel in dieser Beziehung überall dieselben organischen Bestandtheile zeigen, so zeigt sich in dem Verhältniss der gegenseitigen Lage beider zu den die Bündel begleitenden Bastlagen doch eine Verschiedenheit bei synorganischen und dichorganischen Bündeln. Bei den Gräsern, Liliaceen, Palmen, Nymphäen, Piperinen, finden wir nämlich die Gefässbündel ringsum von Zellenhüllen wie von Scheiden eingeschlossen, wodurch die Lebenssaftgefässe mehr in das Innere der Bündel zurücktreten, wobei sie zuweilen

noch halbkreisförmig zugleich von den Spiralgefässen umfasst werden, so dass sie dadurch so fest in den Bündeln eingeschlossen werden, dass eine Trennung der Lebenssaftgefässe von den Spiralgefässen ganz unmöglich ist, und diese Bündel auch in dem Falle, wo sie in einem Kreise liegen und seitlich untereinander verwachsen, dennoch nie eine Trennung im wahren Holzkörper und Rindenkörper erfahren können. Beide Gefässysteme müssen hier nothwendig überall in Verbindung bleiben, daher ich sie synorganische nenne. Wir wollen diese zelligen Scheiden ein für allemal die Bündelscheiden nennen, weil sie den synorganischen Bündeln durchaus allgemein und wesentlich sind. Betrachten wir den Durchschnitt eines Gefässbündels von ***Dracaena Draco*** (Tab. XII. Fig. 4.), so erkennen wir leicht in ***a*** die ringsum eingeschlossenen Lebenssaftgefässe, in ***b*** die Spiralgefässe, ***c, c*** sind die Zellen der Bündelscheide, welche das gemeinsame Bündel von allen Seiten umschliesst. Die Zellen sind hier dickwandige Bastzellen, welche jedoch zu den Seiten der Spiralgefässe dünnere Wände annehmen. Bei ***Dracaena terminalis*** sind die Lebenssaftgefässe dadurch noch mehr eingeschlossen, dass sich die Spiralgefässe in einen Halbkreis nach aussen um sie herumlegen, wodurch sie also auf den Seiten eine doppelte Umhüllung erhalten. Vergleicht man hiermit die Bündeldurchschnitte von ***Zea Mays*** (Tab. X. Fig. 3.), so erkennt man leicht die Aehnlichkeit der Zusammensetzung wieder. Die Lebenssaftgefässe *(a)* bilden ein rundliches Bündel an der äusseren Seite der Spiralgefässe *(b)*, von denen zwei seitliche das Lebenssaftgefässbündel halb umfassen. Das ganze ist von der Bündelscheide *(c, c)* eingeschlossen. Die Bündelscheide zeigt hier an der äusseren und inneren Seite mehr dickwandige Bastzellen, auf den beiden anderen Seiten gehen sie in dünnwandige Zellen über. Sie haben auf der Langsansicht ein ähnliches glänzendes nie gekörntes Ansehen, wie die dickwandigen (Fig. 4, *f.*) Bastzellen, und sind von den Lebenssaftgefäs-

sen durch die oben angegebene Gesammtheit von Charakteren leicht zu unterscheiden.

Bei den Palmen nimmt die Menge und die Dicke der Wandungen in den Zellen der Bündelscheiden sehr zu, und von diesen erhalten die Gefässbündel der Palmen die holzartige Härte. Wir haben aus dem Blattstiele der ***Phoenix dactilifera*** (Tab. X. Fig. 1.) einen Durchschnitt vor uns. Die Bündel sind ringsum von dickwandigen Bastzellen, welche die Scheide bilden, eingeschlossen *(c, c)*, und die Lebenssaftgefässe nehmen die Umfangsseite *(a)*, die Spiralgefässe die Axenseite *(b)* ein. Bei den Palmen entwickeln sich die Bastzellen an der Umfangsseite des Stammes oft zu ausserordentlichen Massen, wie diess auch in dem Werke von Mohl „über die Sructur der Palmen" vielfältig abgebildet ist. Häufig nehmen die Gefässe einen viel geringeren Raum in dem Bündel ein, als die dicken Scheiden. Andere Bündel sieht man, wo die Gefässe ganz fehlen. Diese scheinen uns solche zu sein, womit die Bündel bei den Verzweigungen aufhören und anfangen. Zuerst sieht man (wie gegen den Umfang des Stammes in Fig. 1. Tab. X. zu sehen ist) die Gefässe in den Bündeln abnehmen, dann gänzlich verschwinden, die leeren Scheiden aber setzen sich noch eine Strecke fort. Ausserordentlich dick und palmenähnlich werden auch die Bastzellenscheiden bei den tropischen Asparaginen, wie ***Smilax Sassaparilla*** und den tropischen Gräsern, wie ***Tripsacum dactyloides.*** Auch bei den tropischen Orchideen, wie ***Epidendron elongatum,*** sind die Zellen der Bündelscheiden noch sehr dickwandig, besonders an der Umfangsseite des Stammes. Sehr fest die Lebenssaftgefässe einschliessend sind die Scheiden bei ***Cyperus longus.*** Dünnwandiger werden sie bei den einheimischen Orchideen, Irideen und Liliaceen; bei ***Orchis latifolia, Iris florentina, Convallaria latifolia*** (Tab. IX. Fig. 1, 3, 5, *c.*). Alle diese Pflanzen können keine wahren Rinden bilden, und wenn auch, wie z. B. bei ***Dracaena*** *(**Mém. sur**

la circulation. Tab. 4. fig. 3, d.), auch bei ***Veratrum, Ruscus*** u. a. sich im Umfange des Stammes eine Hülle von Zellgewebe absondert, so ist diese, weil alle Lebenssaftgefässbündel darin fehlen und diese Hülle nur von Blattgefässbündeln durchzogen wird, eben so wenig der wahren Rinde der Dichorgana zu vergleichen, als die Bündelmasse in der Axe dem Holzkörper. Wir nennen die Zellenhülle zum Unterschiede von der wahren Rinde: Zellenhaut. Die Elemente wahrer Holz- und Rindenkörper bleiben in jedem Bündel vereinigt, weil sich wegen der Bündelscheiden die Lebenssaft- und Spiralgefässe nicht von einander trennen können.

§ 79.

Eigenthümlich ist die Lage der Lebenssaftgefässe in den Wurzeln der Synorgana. Jede Wurzel hat nur ein Gefässbündel in der Axe, das sich aber symmetrisch strahlenförmig oder concentrisch entwickelt. An dem Durchschnitt der Wurzel von ***Iris sambucina*** (Tab. III.) sieht man ein grosses rundes Axenbündel von dickwandigen Bastzellen, zwischen denen zerstreut die Spiralgefässe *(a)* liegen. Dieses Axenbündel setzt sich in armförmigen Strahlen, aus gleichen Zellen *(c)* gebildet, gegen einen Kreis von noch stärkeren Bastzellen *(d)* fort, so dass zwischen den Strahlenarmen und dem Zellenkreis 12 dreieckige Räume übrig bleiben, welche mit den Lebenssaftgefässen erfüllt sind *(b)*; das Ganze ist mit einer Zellenhaut von lockerem Gewebe umgeben. Man kann es nun als ein sternförmiges Bündel, von einer kreisförmigen Bündelscheide umgeben, ansehen. Im Durchschnitte der Wurzel von ***Tripsacum dactyloides*** findet man eine Axe dünnwandiger Zellen (ähnlich dem Baummark), im Umfange derselben eine kreisförmige Schicht fester Bastzellen, zwischen welchen Spiralgefässe zerstreut sind, um diese eine concentrische Schicht von Lebenssaftgefässen, und diese von einer kreisförmigen Bündelscheide umgeben. Das Ganze bildet ebenfalls nur ein Axenbündel, von dem noch ringsum zellige Strahlen-

arme gegen die Peripherie gehen, welche grosse Luftgänge zwischen sich lassen, und im Umfange durch eine Zellenrinde vereinigt werden.

Bündel der Farrnstämme.

§ 80.

Merkwürdig und ganz eigenthümlich sind die Gefässbündel in den Farrnstämmen gebaut. Da wir die Organisation derselben in dem *Mém. sur la circulation (p. 99. tab. XXII. XXIII.)* ausführlich beschrieben haben, so ist der Bau hier nur zu erwähnen. Die Gefässbündel sind ebenfalls synorganisch, aber nicht auf die Art zerstreut und nicht so gleichförmig, als bei den blühenden Synorgana. Die Bündel haben die Spiralgefässe in der Axe, aber die Axe ist nicht rund, sondern breitgedrückt und im Stamme bei ***Struthiopteris germanica*** auf mancherlei Art ausgebuchtet (Tab. VII, wo die obere Figur den Durchschnitt des Rhizom's, die untere linke Figur ein vergrössertes Gefässbündel aus demselben, und die rechte Figur den Wurzeldurchschnitt darstellt). Diese Axe ist rundum von einer Rinde von Lebenssaftgefässen umgeben, und das Ganze von einer Bündelscheide eingeschlossen. Die Bündelscheiden der Farrn sind immer braun gefärbt, und gegen ihren Inhalt sowohl, als gegen die Umgebung immer sehr abstechend, daher sie auch längst schon bemerkt worden sind, ohne dass jedoch ihre wahre Bedeutung erkannt worden wäre.

Die Wurzel enthält nur ein einziges ähnlich gebautes Axenbündel von elliptischer Form. Bei den baumartigen Farrn sind alle Bündel elliptisch oder breitgedrückt, sonst ebenso zusammengesetzt. Weil hier jedes Bündel ringsum von einer Rinde von Lebenssaftgefässen umgeben ist, so können diese Bündel viel stärker anwachsen, als bei den übrigen Synorgana, daher auch sonst nirgends so grosse Gefässbündel vorkommen, als bei den Farrn. Das Axenbündel der Wurzel von ***Bernhardia dichotoma*** (Tab. VIII. Fig. 1.) nähert sich durch seine sternförmige Bildung mehr dem der Irideen.

Gefässbündel der krautartigen Dichorgana.

§ 81.

Diese Bündel sind aus denselben organischen Grundtheilen zusammengesetzt, wie bei synorganischen Pflanzen, allein so gebildet, dass die beiden Gefässsysteme aus dem Bündel sich trennen und die Bündel sich in neue Formen auflösen und zu Holz- und Rindenkörpern entwickeln können. Diese Bündel liegen bei den meisten Pflanzen in einen Kreis geordnet, wodurch sie zu einem Ringe verwachsen können; allein diese kreisförmige Lage ist nicht das allein Wesentliche; die Bündel können sich vielmehr mannigfach aus dem Kreise gegen einander verschieben, und der zerstreuten Lage der synorganischen ganz ähnlich werden, wie bei den Cucurbitaceen, ohne darum ihre dichorganische Natur zu verlieren. Diese besteht aber darin, dass die Bündel keine Bündelscheiden haben, wodurch beiderlei Gefässe eingeschlossen sind. Vielmehr ist hier eine freie Zusammenlagerung beider Gefässsysteme, wodurch ihre vollständige Trennung möglich wird. Die Bündelscheiden der synorganischen Pflanzen sind hier freilich nicht ganz verschwunden, sondern sie haben sich nur von der Axe her geöffnet und mit ihren Seitentheilen gegen den Umfang zurückgezogen, so dass sie nicht mehr als die ganzen Bündel umfassende Scheiden, sondern als der Umfangsseite der Bündel aufliegende Dekken erscheinen. So erscheinen sie hier in Bündelform und bilden, zu Bastzellen entwickelt, die Bastbündel, welche bei den dichorganischen Bündeln unmittelbar auf den Lebenssaftgefässen, gewöhnlich in halbmondförmiger Gestalt, aufliegen. So scheint dann jedes einzelne Gefässbündel aus drei Theilen zu bestehen, z. B. bei ***Chelidonium maius*** (Tab. XVI. Fig. 1.), oder ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. 3.), wo ***b*** den Spiralgefässtheil, ***a*** den Lebenssaftgefässtheil, ***c*** das Bastbündel bezeichnet. Diese Bastbündel sind also die Ueberreste der hier metamorphosirten Bündelscheiden der Synorgana, und gehören ebensowohl

zu den Bündeln, wie die Bündelscheiden. Wir wollen diesen Basttheil der Gefässbündel der Dichorgana, dessen Metamorphosen für die Holz- und Rindenbildung wichtig wird, mit dem Namen der Bündeldecken, im Gegensatze der Bündelscheiden, belegen.

Durch die Auflagerung der Bündeldecken ist dann eine ganz andere Art der Entwickelung gegeben, als bei den synorganischen Bündeln, wohin namentlich die strahlenförmige Vergrösserung der Bündel von der Axe des Stammes gegen die Peripherie gehört, derenwegen wir in dem System des Pflanzenreichs die Pflanzen mit solcher Entwickelung: Strahlenpflanzen genannt haben.

Der Mangel an geschlossenen Bündelscheiden und die strahlenförmige Entwickelung machen also hier den wesentlichen Charakter des Gefässbündels aus. Wo er nicht vollständig in den Stengeln bei krautartigen Pflanzen hervortritt, ist er in der Wurzel nirgends zu verkennen, wo die strahlenförmige Entwickelung überall sich auf's deutlichste ausspricht, z. B. in der Wurzel der ***Cucurbitaceae, Umbelliferae, Cruciferae,*** auch bei denjenigen Arten, die im Stengel diese Entwickelung nicht deutlich zeigen. Ich habe also bei der Classificirung in meinem Systeme des Pflanzenreichs weniger auf die kreisförmige Lage der Bündel in krautartigen Stengeln, als auf die strahlenförmige Entwickelung der Wurzeln bei diesen Pflanzen gesehen (vergl. Tab. XXI. Fig. 1.).

Betrachten wir nun die dichorganischen Bündel krautartiger Pflanzen vor ihrer Verwachsung, so erkennen wir die einzelnen Elemente derselben nach Analogie der synorganischen leicht wieder. Bei ***Chelidonium maius*** zeigen sich die in einem Kreise gestellten abwechselnd grösseren und kleineren Bündel aus Spiralgefässen, die den inneren Theil *(b)*, und aus Lebenssaftgefässen, die den äusseren Theil *(a)* der Gefässlagen einnehmen. Ausserdem liegt den Lebenssaftgefässen die Schicht dickwandiger Bastzellen, die Bündeldecke *(c)* nur an der

äusseren Seite auf. Die Bastzellen umgeben aber das eigentliche Gefässbündel gar nicht, auch sind die Lebenssaftgefässe nicht in das Spiralgefässbündel versenkt, sondern beide Gefässparthieen liegen zu den Seiten frei mit dem gewöhnlichen Zellgewebe in Berührung, was bei den synorganischen Bündeln nie dar Fall ist. Ganz ähnlich finden wir die Bildung der kreisförmig gestellten Bündel bei ***Papaver nudicaule*** (Tab. III. Fig. 1.), wo ***a*** die Lebenssaftgefässe, ***b*** die Spiralgefässe, ***c*** die den Gefässen nur nach aussen aufliegenden Bündeldecken (Bastzellen) bezeichnet.

Wir finden aber bei einigen Pflanzen Bündel, die ohne alle Bedeckung von Bastzellen ganz frei im Zellgewebe gelagert erscheinen, wie z. B. bei ***Portulaca oleracea*** (Tab. XXVII. Fig. 3.), wo die Gefässbündel nur aus Spiralgefässen (***b***) mit aufgelagerten Lebenssaftgefässen (***a***) bestehen. Aehnlich bei ***Oxalis tetraphylla*** (Tab. XXVIII. Fig. 3.); in diesen Fällen pflegen aber näher unter der Oberhaut anstatt der Bündeldecken kreisförmige Schichten dickerer Zellen gelagert zu sein.

§ 82.

Die Gefässbündel bei den eben genannten Pflanzen zeigen noch keine strahlenförmige Entwickelung in dem Alter, wo sie gezeichnet sind. Diese tritt schon mehr hervor bei ***Bocconia cordata*** (Tab. XVII. Fig. 1.), wo sich die Bündel auch näher rücken. Die Spiralgefässparthieen sowohl (***a***), als die Lebenssaftgefässe (***b***) vergrössern sich nämlich, von der Axe gegen den Umfang des Durchschnitts hin breiter werdend, und die sich hier stark ausbildenden Bastzellen der Bündeldecken (***c***) gehen mit in diese strahlenförmige Entwickelung ein. Eine solche Ausdehnung können die synorganischen Gefässbündel nicht erfahren. Auch bei ***Tropaeolum maius*** tritt die strahlenförmige Entwickelung hervor. Bei diesen beiden Durchschnitten sieht man nun leicht, wenn man einen Blick auf den ganzen Bündelkreis wirft, wie

die freie Entwickelung der Bündel ohne Bündelscheiden es möglich macht, dass die Lagen von Lebenssaftgefässen aller Bündel seitlich zu einer zusammenhängenden Schicht sich vereinigen und dann von den Spiralgefässparthieen sich im Zusammenhange als Rinde ablösen können, während die Spiralgefässabtheilungen der Bündel ebenfalls untereinander zu einem Holzringe sich seitlich verbinden können. Die Durchschnitte von ***Atriplex hortensis*** und ***Delphinium elatum*** findet man ganz ähnlich gebildet (Tab. XIV. Fig. **1. 3.**), wie auch ***Cecropia peltata*** (Tab. XIII. Fig. **1.**). Diese Entwickelung finden wir einen Schritt weiter vorgerückt bei dem Durchschnitte von ***Valeriana officinalis*** (Tab. XXVII. Fig. **1.**). Man sieht hier auch ohne weitere Bezeichnung der einzelnen Theile die Bündel seitlich verbunden, doch so, dass die früheren Trennungslinien noch bemerkbar sind. Alle Lebensgefässbündel sind seitlich zu einer continuirlichen Schicht verflossen, welche den noch halbgetrennten Spiralgefässbündeln des Holzringes aufliegt, doch so, dass nunmehr die Sonderung (das Dichorganische) von Holz- und Rindenschicht deutlich in die Augen tritt. Auch die Bündeldecken sind im Umfange der Lebenssaftgefässe zu einer zusammenhängenden Schicht verflossen. Hier lässt sich die ganze Lebensgefässschicht nun schon als Rindenschicht zusammenhängend künstlich vom Holze lösen. In anderen Fällen geschieht die seitliche Verbindung nicht zuerst durch die Gefässe, sondern die Gefässabtheilungen bleiben gesondert, und die den Lebenssaftgefässen aufliegenden Bündeldecken verschmelzen seitlich zu einer ringförmigen Haut (Basthaut), welche die Bündel verbindet, wie man bei ***Erodium malacoides*** (Tab. XXVIII. Fig. **1.**) findet. Auf eine andere Art bei ***Tragopogon porrifolius*** (***Mém. sur la circulation. Tab. VII. fig. 3.***). In noch anderen Fällen bleiben die Gefässbündel unter sich und ihre beiden Gefässsysteme, auch in älteren Stämmen, mehr aufgelöst und auseinanderfallend, wie bei den fleischigen Euphorbien (Tab. V. Fig. **2.**

bei ***Euphorbia atropurpurea,*** aber noch viel mehr bei ***Euphorbia Caput Medusae*** (***Mém. sur la circulation. Pl. 6. fig. 3.***). Das strahlenförmige Wachsthum der Gefässbündel geht von der Trennungslinie zwischen den Spiral- und Lebenssaftgefässen aus, diese Stelle ist der Centralpunct der divergirenden Entwickelung nach der Holz- und Rindenseite hin. Zuerst lagert sich hier eine indifferente Keimschicht (Cambiumschicht) ab. Wir sehen eine solche Cambiumschicht zwischen den Lebenssaftgefässen (*a*) und den Spiralgefässen (*b*), in Form eines feinen Zellgewebes in den Bündeln bei ***Cicuta virosa*** abgelagert (Tab. XXII. Fig. 1.), auch erkennt man schon in der Spiralgefässabtheilung sehr deutlich die einer älteren aufgelagerte jüngere Schicht, wodurch die strahlenförmige Entwickelung begonnen hat. Bei ***Rhipsalis pendulus*** wachsen sogar die Bündel, ungeachtet sie nicht seitlich verwachsen, in regelmässig getrennten Schichten an, wie die Holzringe im Holzkörper der Bäume. Durch diese Cambiumschicht wird besonders die Lösung von Rinde und Holz möglich, und bei der rindenartigen Zellenhülle um den Stamm der Aloë, Ruscus u. a. synorganischen Pflanzen ist also eine solche Lösung unmöglich. Dadurch kann man die Zellenhaut der Synorgana von der Rinde der Dichorgana bestimmt unterscheiden.

b. Lage der Lebenssaftgefässe in den Rindenschichten der Bäume.

α. Einjährige Zweige und Pflanzen.

§ 83.

Die Lage der Lebenssaftgefässe in der Rinde ist ganz durch die Entwickelungsgeschichte und durch die Art der Trennung der Lebenssaftgefässe aus den ursprünglich isolirten Bündeln dichorganischer Pflanzen bedingt. Es finden hier manche Verschiedenheiten statt. Wie wir bei ***Valeriana*** gesehen haben, dass zuerst die sich sondernden Lebensgefässbündel zu einer Rindenschicht seitlich sich verbinden, während die Spiralgefässe noch in Bündeln getrennt bleiben, so

findet man auch das umgekehrte, nämlich, dass zuerst die Spiralgefässbündel zu einem Holzringe verwachsen, aber die Lebenssaftgefässe noch in gesonderten Bündeln kreisförmig in der Rinde stehen bleiben, und sich der Holzkörper nach innen von der Rinde trennt. Diess ist schon bei manchen krautartigen Pflanzen der Fall, z. B. bei ***Tragopogon porrifolius*** (***Mém. sur la circulation. Tab. VII. fig. 3.***), bei ***Impatiens nolitangere*** (Tab. XXIII. Fig. 1.). Etwas Aehnliches findet in den verholzten Stengeln der meisten Euphorbien statt. Aber in den Rinden grösserer Bäume trifft man ganz ähnliche Verhältnisse. So findet man im einjährigen Zweige von ***Acer platanoides*** (Tab. XXIV.), nachdem die Spiralgefässbündel längst in einen Holzring (***b***) verwachsen sind, die Lebenssaftgefässe noch in den ursprünglichen Bündeln in der Rinde gesondert (***a***). Sie sind nach aussen von den Bündeldecken in Form dickwandiger Bastzellen (***c***) bedeckt. Die Cambiumschicht zwischen beiden ist in voller Entwickelung begriffen (***d***). In anderen Fällen erscheinen aber sowohl die Lebenssaftgefässe zu einem zusammenhängenden Rindenringe (***a***), als die Spiralgefässe zu einem Holzringe (***b***) verwachsen, wie bei ***Rubia tinctorum*** (Tab. XXV. Fig. 1.), so auch ähnlich bei ***Rubus Idaeus*** (ebend. Fig. 3.), wo aber die Bündeldecken in Bündeln bleiben, und noch von einer continuirlichen Zellenschicht bedeckt sind. Bei ***Mimosa pudica*** (Tab. XVIII. Fig. 4.) sind sowohl die Lebenssaftgefässe (***a***) als die Bündeldecken (***c***) zu einer continuirlichen Schicht verflossen. Bei ***Salix alba*** sind die Lebenssaftgefässe in einer zusammenhängenden Schicht, die Bastzellen in Bündeln.

Wo Secretionsorgane, besonders die Harzcanäle bei den Doldenpflanzen und Terebinthaceen, vorhanden sind, da sammeln sich die Lebensgefässe der Rinde um die Balsamcanäle in gesonderten Bündeln nach der Lage der Canäle, wie bei ***Schinus molle*** und ***Rhus coriaria*** (Tab. XX. Fig. 1. 3.), wo die Balsamcanäle mit ***c***, die Lebenssaftgefässe mit ***a*** bezeichnet sind, und in der Wurzel von ***Angelica***

Archangelica ähnlich. Bei ***Gingko biloba*** aber (Tab. XXIV. Fig. **3.**) findet sich ausser dem Lebensgefässkreis um die Secretionsorgane noch eine zusammenhängende Schicht dicht um das Holz. Aehnlich wie im Stengel von ***Angelica Archangelica.***

Axenmark und Rindenmark.

§ 84.

Das Zellgewebe, in welchem die gesonderten Bündel liegen, bildet eine, den ganzen krautartigen Stengel füllende Marksubstanz, welche sich bei synorganischen Pflanzen durch das ganze Leben nicht theilt, so dass hier der ganze Stengel markig bleibt. Sobald aber bei dichorganischen Stengeln die Bündelkreise zu zusammenhängenden Gefässringen verwachsen, trennt sich das Zellgewebe in einen Axentheil und in einen Umfangstheil. Da beide denselben Ursprung haben, wollen wir den Axentheil (der gewöhnlich Mark schlechthin genannt wird) Axenmark, den Umfangstheil aber Rindenmark nennen.

β. Entwickelungsgeschichte der Lebenssaftgefässe in den mehrjährigen Rindenschichten.

§ 85.

Wir wollen diese Entwickelung von Anbeginn in den ursprünglichen Bündeln bei'm Weinstock verfolgen. Betrachtet man den Durchschnitt eines jungen Triebes im Frühling (Tab. XXXII. Fig. **1.**), so findet man die Gefässe noch in kreisförmig gestellten Bündeln, ähnlich wie bei krautartigen Pflanzen, und man wird eine grosse Aehnlichkeit finden, wenn man diese Bündel bei'm Wein etwa mit denen bei ***Delphinium elatum*** (Tab. XIV. Fig. **3.**), oder mit denen bei ***Bocconia cordata*** (Tab. XVII. Fig. **1.**), oder sonst bei einer krautartigen dichorganischen Pflanze vergleicht. Die strahlenförmige Entwickelung ist in diesem Zustande der Gefässbündel des Weines noch wenig bemerkbar. Das Zellgewebe zwischen den Bündeln hat noch nicht die später strahlenförmig von der Axe nach dem Umfang gehende Richtung angenommen, daher die Bündel noch mehr isolirt und beide Gefäss-

systeme in jedem Bündel noch zu einem Ganzen (zusammengesetzten Bündel) verbunden erscheinen. Die Lebenssaftgefässe liegen (Tab. XXXII.) nach aussen (*a*), noch von der Bündeldecke von Bastzellen (*c*) bedeckt, die Spiralgefässe nehmen den gegen die Axe gerichteten Bündeltheil (*b*) ein. Abwechselnd über und zwischen den Bündeln findet man noch dicht unter der Oberhaut einen Kreis von Bastbündeln (*e*), die zu den Gefässbündeln selbst nicht gehören; also von den Bündeldecken ganz verschieden sind. Axenmark, Rindenmark und Markstrahlen sind noch von übereinstimmender Bildung. Man bemerkt schon eine Keimschicht (*Cambium*) zwischen den Spiralgefässen und den Lebenssaftgefässen aller Bündel entwickelt (*d*), und durch diese beginnt nicht nur die Trennung beider Gefässe (das Dichorganische) aus ihrer Einheit in den Bündeln hervorzutreten, sondern die Keimschicht setzt sich auch ununterbrochen concentrisch durch den ganzen Bündelkreis fort, so dass hierdurch die Spiralgefässtheile der Bündel schon zu einem Holzring, die Lebenssaftgefässtheile aber zu einem Rindenringe seitlich verbunden werden. Es entsteht hierdurch das Ansehen, zwar noch getrennter, aber doch seitlich zu einem Kreise zusammenhängender Bündel, wie man sie auch im Querdurchschnitt krautartiger Pflanzen (bei ***Tragopogon porrifolius, Mém. sur la circulation. Tab. VII. fig. 3,*** oder bei ***Angelica Archangelica, Tab. XXI. fig. 3.***) findet. Die vollständige dichorganische und strahlenförmige Entwickelung tritt aber erst in den reiferen Trieben der Weinrebe hervor.

§ 86.

Untersucht man den Querschnitt einer einjährigen Rebe im Herbst, so sind die Bündel völlig strahlenförmig von der Axe gegen die Peripherie entwickelt; die Spiralgefässtheile aller haben sich unter sich zu einem Holzkörper, die Lebenssaftgefässtheile zu einem Rindenkörper seitlich vereinigt, und beide haben sich als Holz und Rinde

völlig geschieden oder sind ganz dichorganisch geschieden, Tab. XXXII. Fig. 2. Die peripherische Zellenschicht, in welcher die Bastbündel (*c*) dicht unter der Oberhaut liegen, trennt sich sehr merklich von der Gefässschicht der Rinde (*a*) ab, und die Markstrahlen sind nicht nur zwischen den ursprünglichen Bündeln völlig strahlenförmig von der Mitte gegen den Umfang hin gebildet, sondern mit der strahlenförmigen Vergrösserung wird jedes Bündel nochmals durch einen in seiner Mitte nun entspringenden Markstrahl gegen den Umfang hin in zwei Theile gespalten, in dem Maasse, als die Bündel nach dem Umfange hin keilförmig breiter werden. Die sämmtlichen Markstrahlen setzen sich auch durch die Rinde bis zu Ende der Gefässschicht derselben fort, aber nicht über die Gefässschicht hinaus. Diess ist eine allgemein bestimmte Erscheinung, dass die Markstrahlen immer nur die Gefässrinde, soweit sich Lebenssaftgefässschichten finden, durchsetzen und vor den diese Schichten bedeckenden Zellenschichten aufhören. Man kann daher die Grenze der Gefässschichten überall an dem Ende der Markstrahlen im Umfange erkennen. Doch ist diess nicht immer scharf begrenzt.

Die Spiralgefässtheile der Bündel sind zu festen Holzbündeln geworden und fest mit den Markstrahlen seitlich verwachsen. Ihre Vergrösserung gegen den Umfang hin geschieht ziemlich gleichförmig, so dass keine Schichtenabsätze deutlich hervortreten, wenn gleich solche durch die Spiralgefässabtheilungen angedeutet sind. Man sieht aber, dass bei noch getrennten Bündeln zuweilen allerdings in demselben Jahrestriebe das Anwachsen der Spiralgefässabtheilungen in deutlich getrennten Schichten geschieht, z. B. bei ***Rhipsalis pendulus***. Am merkwürdigsten in diesem Betracht ist mir der Hopfenstengel erschienen, bei dem in einem Sommer zwei wie Jahresringe von einander gesonderte Holzringe anwachsen, ohne dass man in der Rinde die Gefässe in Schichten bemerkte (***Mém. sur la circ. Tab. VII. fig. 2.***).

Es ist keinem Zweifel unterworfen, dass der gegen die Axe gelegene Theil des Holzbündels, soweit er noch nicht durch einen Markstrahl in der Mitte gespalten ist, der älteste ist, der vor der Entwickelung der Keimschicht (des Cambium's, Fig. 1, *d.*) in den jüngeren Trieben schon vorhanden war; denn die Bündel in diesen jungen Trieben sind noch nicht gespalten. Der durch einen Markstrahl gespaltene, nach dem Umfange gerichtete Theil des Bündels ist also um so jünger, jemehr er nach aussen liegt. Dieses hat darin seinen Grund, dass das Anwachsen durch Metamorphose der Keimschicht von der Scheidungslinie beider Gefässabtheilungen aus (Fig. 1, *d.* Fig. 2, *d.*) geschieht, indem hier die ursprüngliche Scheidung der organischen Systeme, wie bei der Trennung der ***Area vasculosa*** und ***Area pellucida*** im Keim des bebrüteten Hühnchens geschieht.

Dieses verhält sich nun umgekehrt mit der Entwickelung des Rindentheils der Bündel, welcher die Lebenssaftgefässe enthält. Bevor wir indessen hier die Ordnung des Anwachsens verfolgen, wollen wir noch in der im Laufe eines Sommers entwickelten Rinde bei der Weinrebe die auffallende Erscheinung betrachten, dass die Rinde in ihrem Gefässtheil schon eine ganze Reihe von Schichten, wie Jahresringe aufeinander gelagert, zeigt (Tab. XXXII. Fig. 2, *a.*), während das Holz nicht in Schichten angewachsen ist. Hierdurch unterscheiden sich die sogenannten Jahresringe in Holz und Rinde sehr, dass bei vielen Pflanzen in einem Sommer schon mehrere Gefässschichten in der Rinde anwachsen, während sich nur e i n e deutlich markirte Holzschicht bildet. Eine Holzschicht also entspricht hier schon mehreren Rindenschichten. Aber die Rindenschichten haben auch sonst nicht so grosse Analogie mit den Jahresringen im Holze, wie man früher wohl annahm, weil die peripherische Entwickelung gegen den äusseren Theil der Rinde hin manche Abweichungen von der Holzentwickelung nothwendig macht. Betrachten wir also die Gefässschichten in der Rinde

des einjährigen Triebes bei'm Wein, so finden wir, dass sie mit Bastschichten abwechseln, und dass sie Wiederholungen des ursprünglichen Lebensgefässtheils der jungen Bündel sammt ihrer Bastbündeldecke sind. Die Theile ***a, c*** des jungen Gefässbündels (Tab. XXXII. Fig. 1.) haben sich also in der ganzen Jahresschicht der Rinde fünfmal wiederholt, indem sich von dem Puncte ***d***, der Trennungslinie zwischen den Spiral- und Lebenssaftgefässen aus, die Schichten von Lebenssaftgefässen mit ihren Bündeldecken von innen nach aussen hin gegen den ursprünglichen Bündeltheil (ebend. ***a, c.*** Fig. 1. angelagert haben. Hier ist also die äusserste der Gefässschichten die älteste, die innerste ist die jüngste. Man erkennt daher an dem bogenförmigen Umfang des äusseren Theils der älteren Gefässschichten noch die ursprüngliche Bogenform der Bündeldecke der jungen Triebe.

§ 87.

Nachdem wir nun die Entwickelung der Gefässschichten in der einjährigen Rinde verfolgt haben, wird es leicht sein, die Schichtenbildung in den zweijährigen Reben zu verstehen. Sieht man den Durchschnitt derselben am Ende des zweiten Sommers an, so fällt leicht in die Augen, dass die ganze vorjährige Rinde, nicht nur die Gefässschichten, sondern auch die darüber liegenden Zellen und die Oberhautschicht mit den darin liegenden Bastbündeln, abgestorben und bereits von den jüngeren Theilen abgestossen ist und nur noch locker auf der jungen Rinde aufhängt (Tab. XXXIII. Fig. 3, ***d, e, f.***). Die Zellen und Gefässparthieen sind ganz braun geworden, die Bastschichten haben ihre natürliche Farbe behalten. Dabei hat sich die ganze Rinde selbst in zwei Lagen gespalten, eine äussere Zellenlage mit den Bastbündeln (***f***) und eine innere Gefässlage (***d, e***), worin aber die Schichten sehr eingeschrumpft und zusammengezogen erscheinen. Anstatt dessen hat sich aber eine neue Rindenschicht (***d, c***) unter der

abgestorbenen entwickelt. In dieser Schicht sieht man dieselben abwechselnden Lagen von Lebenssaftgefässen und Bündeldecken von Zellen, wie in der einjährigen Schicht; aber die Zahl der Lagen ist überhaupt auch in den einjährigen Trieben unbestimmt und sehr von der Lebhaftigkeit der Vegetation und dem Einfluss der Witterung auf dieselbe abhängig; ob aber überhaupt mehrere oder nur eine Schicht sich in demselben Sommer entwickeln, ist durch die Organisationsverhältnisse der Pflanze selbst bestimmt. Die neue Rindenschicht unterscheidet sich aber von den vorjährigen darin, dass sie nur aus wechselnden Zellen- und Gefässschichten besteht und im äusseren Umfange nicht wieder von einer gefässlosen Zellenschicht, worin isolirte Bastbündel liegen, bedeckt ist. Die äussersten Bündeldecken der Gefässlagen sind daher einfach mit Oberhaut bekleidet. Diess wiederholt sich auch in allen folgenden Jahren ähnlich.

Zugleich mit der neuesten Rindenschicht hat sich aber auch um den einjährigen noch ein zweiter Holzring (***c, b***) gebildet, der in ***b*** von dem vorjährigen durch eine scharfe Grenze sich unterscheidet. Wir sehen also, dass sich an der ursprünglichen Scheidungslinie zwischen Holz und Rinde (Fig. 1. 2, ***d***) eine neue Rinden- und eine neue Holzschicht eingeschoben hat, welche den ganzen Umfang von ***d*** bis ***b***, Fig. 3, einnimmt. Im dritten Jahre wiederholt sich dieselbe Erscheinung, wobei dann die zweijährige Rindenschicht ebenso abstirbt, wie die einjährige im zweiten Sommer. Die abgestorbenen Rindenschichten späterer Jahre bleiben oft locker lamellenartig um die Rebe hängen, sind aber leicht abzuziehen, die äussere Zellenschicht der einjährigen Rinde aber wird von selbst am Ende des zweiten Sommers abgeworfen. Bemerkenswerth ist es hier, dass die ganze lamellenartig eingetrocknete Rinde, und nicht etwa eine Oberhautschicht derselben bei'm Wein jährlich abgestossen wird. Hierin finden sich manche Analogieen und Unterschiede bei anderen Bäumen. Das Abschuppen

der Rinde bei der Kiefer (***Pinus sylvestris***) und bei der Platane geschieht zwar auch so, dass ganze eingetrocknete Rindenschichten abfallen, allein mit dem Unterschiede, dass nicht gleichförmig die gleich alten Schichten von unten bis oben, sondern nur inselförmige Stellen von aussen nach innen absterben, die mehrere Jahresschichten durchdringen, so dass zwischen solchen auf diese Art ausgebuchteten Stellen, in Form von Hügeln, noch frische Stellen aus Schichten von demselben Alter, wie die abgestorbenen, stehen bleiben.

§ 88.

Nach Analogie der Gefässentwickelung in der Rinde des Wein's lässt sich die Bildung bei der Linde nun leicht erklären. Der Durchschnitt eines einjährigen Triebes von ***Tilia europaea*** (Tab. XXXIII. Fig. 1.) zeigt im Herbste die Lebenssaftgefässe der Rinde (*a*) ebenfalls in mehreren mit Bastschichten abwechselnden Lagen (*c, c, c. d, d, d*). Man sieht aber hier die Bündel schon in sich mehrfach durch Markstrahlen getheilt, als bei'm Wein, ausserdem aber die Markstrahlen, welche die ganzen Bündel trennen, gegen den Umfang hin sich stark keilförmig verbreiten und dadurch die Bündel an der Umfangsseite weit auseinander treiben; in dem Maasse, als sich die Rinde nach aussen erweitert. Das Markstrahlengewebe nimmt daher nach aussen zu wieder die gewöhnliche Zellenform an und geht in eine dickere grüne Zellenschicht über, welche die Gefässschichten bedeckt. Auf diese folgt eine nicht scharf abgegrenzte Schicht mehr dickwandiger Zellen, welche von der in mehreren feinen Schichten sich entwickelnden Oberhaut bedeckt wird. Vergleicht man hiermit die Rinde eines älteren Stammes der Linde (Tab. XXXIII. Fig. 2.), so findet man die Schichten schon vieler Jahre übereinander gehäuft, ohne dass die äusseren merkliche Spuren der Einschrumpfung zeigten, vielmehr gehen die inneren Schichten allmälig in die äusseren über. Zuerst fällt auf, dass die Bündel gegen den Umfang hin durch keilförmige Erweiterung

der Markstrahlen mehrfach und viel tiefer gespalten sind, und dass sie daher zwischen dem eingekeilten Markstrahlengewebe nach aussen sich zuspitzend enden. Diess geschieht in dem Maasse, als mit dem Alter und dem Dickerwerden des Stammes die äusseren Rindenschichten sich erweitern und ausdehnen müssen, ohne dass eine Nachbildung von Gefässen in den älteren Schichten stattfände. Die ursprünglichen, durch Markstrahlen getrennten Bündel rücken also seitlich um so mehr auseinander, als sich die Rinde nach aussen erweitert, daher spitzen sich die Bündelreihen nach aussen zu. Leicht erkennt man, dass die grossse Zahl der abwechselnden Bast- und Lebenssaftgefässschichten nicht der Zahl der Jahrringe im Holze entspricht, sondern dass, wie in den ersten, so auch in den folgenden Jahren jährlich sich mehrere Schichten entwickelt haben, die aber, wenn freilich undeutlich, nach den Jahrgängen in Absätze getheilt sind, welche wir mit ***a*1**, ***a*2**, ***a*3** u.s.w. bezeichnet haben. Jeder dieser Absätze würde also einem Jahrringe entsprechen. Man sieht also, wie sehr zusammengesetzt der Theil der Rinde ist, den man gewöhnlich mit dem Namen der Basthaut belegt, und wie sich die gesammte innere Schichtenbildung der Rinde allmälig in die äussere umbildet, so dass ein Unterschied von Innenrinde und Aussenrinde gar nicht natürlich begründet erscheint.

§ 89.

Wir wollen noch die Lage und Entwickelung der Lebenssaftgefässe in der Rinde der Birke betrachten. Im einjährigen Triebe von ***Betula alba*** (Tab. XXXIII. Fig. 3.) hat die Lage der Lebenssaftgefässe grosse Aehnlichkeit mit derjenigen bei den Weiden. Die Lebenssaftgefässe liegen in einer nur einfachen und ununterbrochenen Schicht (*a*) um das Holz (*b*). Diese Schicht ist, wie überall, von Markstrahlen durchsetzt und daher leicht zu erkennen. Auf der Gefässschicht liegt eine ebenso continuirliche Bastzellenschicht (*c*), welche aber an vielen

Stellen unregelmässig knollenförmig sich verdickt, so dass dergleichen knollenförmige Vorsprünge oft nur durch dünne Stellen, wie durch Stiele mit der Schicht, zusammenhängen. Diese Bastschicht ist durch seitliches Zusammenfliessen der ursprünglichen Bündeldecken entstanden und man könnte sagen, dass hier und in ähnlichen Fällen, nachdem die ursprünglichen Bündel in Holz- und Rindenlagen sich aufgelöst haben, nun die seitliche Vereinigung ihrer Bündeldecken sie alle wieder in einer höheren Einheit umfasse und dass der Baumstamm ein höher entwickeltes Gefässbündel sei. Die einzelnen in einem Kreise gestellten Bündeldecken sind hier zu einer continuirlichen Schichtendecke geworden, die dem entspricht, was man eine einfache Basthaut nennen könnte, die dann durch Vervielfachung der Schichten, wie bei der Linde, die zusammengesetzte Basthaut bildet. Diese ist also aus vielen sich blattartig auf die Gefässschichten legenden Schichtendecken gebildet. Im Umfange ist die Bastschicht der Birke von einer grünen Zellenschicht eingefasst, die von einer doppelten aber noch wenig begrenzten Oberhaut umkleidet ist.

In der 7jährigen Rinde der Birke (Tab. XXXIII. Fig. 4.) bemerkt man zuerst eine zwiefache Art von Schichtenbildung. Einmal sieht man, vom Holze aus gegen den Umfang zu, Schichten von Lebenssaftgefässen, welche mit *a*1, *a*2, *a*3, *a*4 bezeichnet sind. Jede dieser Schichten ist eine Jahresschicht, es entwickeln sich hier nicht vielfache Jahresschichten, wie bei'm Weinstock und der Linde. Diese Schichten sind aber nicht durch, aus Bastzellen gebildete, Bündeldekken getrennt, sondern durch einfache Zellenlagen geschieden, und gehen bei ihrem ersten Entstehen so weit, als die Markstrahlen nach dem Umfange in die Rinde hineinragen; allein die äusseren älteren Schichten sind schon gradweise obliterirt, so dass sie sich von der vierten Schicht an schon zu verwischen anfangen. Anstatt der obliterirten Lebensgefässschichten fängt in diesem Theil der Rinde das grüne

Zellgewebe (die Zellenhaut) an, zu wuchern, und zwischen diesem zerstreut die Zellen aus der ursprünglich im einjährigen Triebe vorhandenen Bastschicht (Tab. XXXIII. Fig. 3, *c.*), die sich auf die sonderbarste Weise metamorphosirt. Einmal nämlich lösen sich die knollenförmigen Vorsprünge der Schicht ganz von ihr ab, und zerstreuen sich als isolirte Bündel inselförmig unregelmässig zwischen der innerhalb gelegenen Zellenmasse, so dass fast die ganze Schicht sich in solche zerstreute knollenförmige Bündel auflöst (*c* 1.). Dann aber ändern sich diese Zellen in ihrer Substanz ganz um, verdicken ihre Wandungen bis zum Verstopfen ihrer Höhlen und werden dabei hart, zu wahren Steinzellen, so dass deswegen die Birkenrinde so widerspenstig sich schneiden lässt. Die kleine, zwischen der Lebenssaftgefäss- und Bastschicht im einjährigen Triebe gelegene, grüne Zellenschicht nimmt also die starke Entwickelung an, wodurch sich dieser Theil der Rinde so sehr ausbildet, indem bei'm Anwachsen neuer Gefässschichten aus dem Cambium die Gefässe der älteren obliteriren, während die dazu gehörigen Zellenschichten fort vegetiren. Es ist bei den älteren äusseren Gefässschichten also ein Uebergewicht der die Gefässschichten trennenden Zellenlagen über die Gefässschichten selbst, wodurch die Grundlage zu der Wucherung gebildet wird, in welcher sich die beschriebenen Steinzellen ausbreiten.

§ 90.

Die andere Art von Schichtenbildung in der Birkenrinde entspringt aus einer eigenthümlichen permanenten Reproduction und selbstständigen Abschuppung der Oberhaut, wodurch die silberweissen Häute entstehen, welche sich von der Birkenrinde abblättern. Diese Oberhautschichten sind hier mit *d* und *d* bezeichnet. Jede Schicht besteht aus einer doppelten Lage, einer durchsichtigen äusseren und einer undurchsichtigen inneren, von deren körnigem Inhalt die Silberfarbe herrührt. Man sieht, dass die der Rinde aufliegende jüngste dieser

Oberhautschichten (*d*.1.) noch weit stärker, als die äusseren ist, was von einer grösseren Frische und Turgescenz der Zellen herrührt. Die Zellen der äusseren Schichten trocknen und schrumpfen ein, und dann tritt die weisse Farbe mehr hervor. Wir werden sogleich sehen, dass bei anderen Pflanzen die Schichten, anstatt einzuschrumpfen, vielmehr sich noch stärker entwickeln und den Kork bilden. Solcher Schichten bilden sich 8—10 und mehr übereinander, ehe die äusserste von selbst sich abzublättern anfängt. Künstlich kann man sie fast alle bis auf die innerste von einander lösen, die Abschuppung ist also lange vorbereitet. Man sieht hieraus, dass die Abschuppung der Birkenrinde von ganz anderer Art ist, als bei den übrigen Bäumen; und andererseits, dass die Oberhaut von einer weit zusammengesetzteren Structur ist, als die Oberhaut der Blätter. Man hat bisher viel zu sehr die Oberhaut der Blätter als die Norm angesehen, nach welcher man die Oberhaut der übrigen Theile beurtheilt hat. Diese ist vielmehr, wie an allen blattartigen Theilen, besonders für die Respirationsfunction organisirt und mit Poren versehen, die an der Oberhaut der Wurzeln, der Knollen, der Rhizonen und auch der Stengel fehlen. Aber auch die Oberhaut der Blätter ist ausser der zuerst von Brongniart unterschiedenen einfachen membranösen Decke schon zusammengesetzter Bildung, und besteht oft aus mehreren zu einem Systeme gehörigen Schichten. Wir betrachten daher die Oberhaut des Stengels und der nicht blattartigen Theile als Bildungen eigenthümlicher Art, die ihren Zwecken gemäss von der Blattepidermis abweichen und sich dadurch auszeichnen, dass sie bei vielen Pflanzen und Pflanzentheilen sich von innen schichtenweise reproduciren, und auf verschiedene Art abblättern oder korkig werden. Mohl (Ueber die Entwickelung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dikotyledonen. Tübingen 1836) hat in neuerer Zeit zuerst bessere Ansichten über die Abschuppung der Baumrinden nach dem Vorgange von

Hundeshagen (Anatomie, Chemismus und Physiologie der Pflanzen. 1829.) gegeben, indem er zeigt, dass diese Abschuppung bei verschiedenen Bäumen von der Entwickelung verschiedener Organe abhängt, und nicht, wie Duhamel annahm, auf einen Typus zurückzuführen sei.

Doch müssen wir die Sache noch von allgemeineren Gesichtspuncten aus auffassen.

Mohl unterscheidet in der Rinde folgende vier Schichten: 1) die Epidermis aus einer einfachen Lage von Zellen gebildet; 2) das Periderma oder ***Stratum suberosum;*** 3) die zellige Hülle (***Stratum parenchymatosum***); 4) die Bastschichte (***Stratum libri vel fibrosum***). Mohl sondert die Epidermis sehr streng von dem Periderma und sieht letzteres als eine wahre Rindenschicht an, die mit der Zellenhülle und der Bastschicht in parallele Reihe gestellt wird. Die Abschuppung geschieht nicht durch blosse Vertrocknung der Rindenlagen, sondern durch Entwickelung besonderer Zellenlagen, die entweder selbst jene Schuppen bilden, oder einzelne Rindenstücke als Schuppen von der inneren Rinde absondern. Hiernach werden von Mohl die Erscheinungen der Abschuppung im Allgemeinen sehr richtig gesondert und eine Abschuppung ausser der zelligen Hülle (der dritten Schicht): die Korkbildung, und eine Abschuppung innerhalb der zelligen Hülle und der Bastschichten: die Borkenbildung unterschieden. Zu den Bäumen mit Korkbildung in verschiedenen Formen gehören: die Korkeiche, ***Acer campestre, Gymnocladus canadensis, Betula alba, Fagus.*** Zu denjenigen mit Borkenbildung gehören: ***Platanus, Tilia, Quercus Robur, Larix, Iuniperus.*** Die Abschuppung der Weinrebe sondert Mohl von beiden Formen ganz. Diese Unterscheidungen gehen indessen, so werthvoll sie im Uebrigen sind, auf die physiologischen Elemente der Rinde und deren Metamorphosen in der Entwickelung nicht ein, daher denn das nähere genetische Verhältniss zwischen

Periderma und Epidermis, und beider zur Zellenhülle und zur Bastschicht, nicht weiter entwickelt worden; abgesehen davon, dass die die Bastschichten begleitenden Lebenssaftgefässschichten nicht berücksichtigt, und die Bastschichten zu allgemein und als eine überall gleichförmige Bildung angenommen werden, während sie in mancherlei Metamorphosen erscheinen. Auch scheint Mohl beide Arten der Abschuppung durch die Annahme theilweise zu identificiren, dass durch dieselben Schichten seines Periderma, welche sich als Kork abblättern, auch die Abstossung ganzer Rindenlagen bewirkt werde.

§ 91.

Wollen wir völlig naturgemäss und nach den Formen der Entwickelung der Theile verfahren, so können wir im Allgemeinen in der Rinde nur zwei Systeme von Schichten annehmen: das Oberhautsystem und das eigentliche Rinden- oder Gefässrindensystem. Alle einzelnen Elemente der Rinde gehören entweder zum einen oder zum anderen dieser Systeme, und es würde künstlich sein, wenn man sie weiter sondern wollte. Mohl's Periderma gehört mit zum Oberhautsystem, und ist selbst noch in zwei sich auseinander hervorbildende Schichten getrennt. Mit der Blattoberhaut ist weder die Rindenoberhaut noch die Oberhaut der Wurzelknollen und Rhizome zu vergleichen. Sieht man eine frisch vegetirende Kartoffel an, so wird man den sich blättrig von ihr abschuppenden Lamellen den Namen der Oberhaut nicht versagen können, obgleich sie sich von zusammengesetzter Structur zeigen. Aber es ist ähnlich mit der Rindenoberhaut, und die sie zusammensetzenden Elemente entwickeln sich auseinander. Epidermis und Periderma und dessen Lagen machen also ein Ganzes aus, dessen Bestandtheile sich wieder in verschiedenen Proportionen zu einander entwickeln können, wodurch die verschiedene Art der Abschuppung bei Kartoffeln, den Wurzeln (z.B. bei ***Valeriana officinalis***),

den Birken, den Kirschbäumen u.s.w. entsteht. Auch die Haare und Stacheln gehören zu demselben Systeme.

Ebenso machen die Lebenssaftgefässe mit den sie bedeckenden Bündeldecken oder Schichtendecken und den das Ganze einschliessenden Zellen (dem Rindenmark) ein natürlich untrennbares Ganze aus, wodurch die eigentliche Rinde (Gefässrinde) gebildet wird. Die Entwickelung aller drei Theile ist so ineinander greifend, dass die Rindenmetamorphose nur aus den Verhältnissen aller drei Stücke zusammengenommen erklärlich ist, auch äusserlich gar keine bestimmten Trennungslinien zwischen ihnen vorhanden sind. Die sogenannte Zellenhülle, welche ihrem Ursprunge nach nichts anderes, als das Rindenmark ist, das hier in Form einer Haut erscheint, greift nach innen tief zwischen die Bündel in die Markstrahlen ein, und geht in die Markstrahlen über, wie man bei der Linde sieht, so dass sie theils die anderen Organe durchdringt, theils wieder von ihnen durchdrungen wird. Aehnlich springen die Bündeldecken und Schichtendecken bald stark nach innen vor, bald ziehen sie sich ganz gegen den äusseren Umfang der Rinde zurück. Der Mittelpunct, um den sich alle Entwickelung dreht, bleibt immer das Lebenssaftgefässsystem, so dass sich nach der Lagerung desselben die anderen Theile richten, daher denn auch die Gefässe die wahre Einheit der ganzen Rindenorganisation bilden und alle Metamorphosen von diesen ausgehen. In der früheren Unterscheidung der vielen Rindenschichten ist man nur einseitig morphologisch verfahren und hat weder die allgemeine Function und Bedeutung der einzelnen Schichten beachtet, noch auch die Entwickelung der Schichten aus einem Ganzen betrachtet. Daher hat man auch die Wiederholung derselben zusammengesetzten Schichten, wie in der Rinde der Linde, von den Bestandtheilen jeder einzelnen solchen Schicht, die sich bei vielen Pflanzen selbst wieder in Schichtenform zeigen, nicht gehörig unterschieden, und Vieles ist daher sehr

unklar geblieben, was nur durch die Entwickelungsgeschichte deutlich werden kann. Wir wollen daher noch kurz die Entwickelung der beiden Systeme: des Oberhautsystems und des Gefässsystems näher betrachten.

Entwickelung des Oberhautsystems der Rinde.

§ 92.

Wie im thierischen Körper zum Oberhautsysteme nicht nur die gesonderten Schichten der Oberhaut vom Malpighischen Netz an bis zu den äussersten harten Blättern und Schwülen an verschiedenen Körpertheilen, sondern auch die Nägel, Klauen, die Federn, Haare, Schaalen u.s.w. gehören, so gehören zur Oberhaut der Pflanzen ebenfalls die mancherlei Productionen, welche sich aus ihr entwickeln und wozu sie sich selbst umbildet. An jüngeren Rinden findet man häufig die Oberhaut mit Haaren bedeckt, so lange sie nicht aus sich abblätternden Schichten besteht. Bilden sich mehrere solche Schichten, so tritt anstatt der Haarbildung die Entwickelung von Stacheln ein, die man bei ***Rubus*** und ***Rosa*** in allen Uebergängen zur Haarbildung findet. Die Stacheln selbst aber hängen der Epidermis nur auf, wie die abblätternden Schichten, und lassen sich daher im späteren Alter auch ähnlich, wie die Oberhautblätter, ablösen. In ihrer Substanz erleiden die Stacheln aber schon andere Metamorphosen, wodurch diese korkartig locker wird. Wir haben hier einen Uebergang von den Haaren in Korkbildung in allen Stufen. An die Stacheln schliesst sich dann die Oberhautmetamorphose, wodurch sie sich zu Korkflügeln entwikkelt, wie wir sie auf der Rinde von ***Ulmus suberosa*** finden; man könnte diese Flügel als in Reihen verwachsene Stacheln ansehen. Sie haben daher eine ähnliche Korkstructur, wie die Stacheln selbst, und wenn man den Querdurchschnitt eines Rosenstengels mitten durch einen Stachel mit dem Querdurchschnitte der Rüsterrinde durch einen Korkflügel vergleicht, so findet man die vollkommenste Analogie. Die

Korkflügel lassen sich auch, wie die Stacheln, von der Epidermis ablösen. In den Korkflügeln der Rüster bemerkt man schon, dass sie nicht ganz gleichförmig, wie die Stacheln der Rosen, sondern in mehreren Schichten angewachsen sind; doch sind die Absätze der Schichten mehr durch die dunklere Färbung, als durch die Structur der Zellen unterschieden, daher man sie in dünnen Schnitten besser mit blossen Augen, als durch das Mikroskop unterscheidet. Sobald diese Schichten sich in grösserer Anzahl bei der Rüster entwickeln, nehmen sie, ähnlich wie auch die Stacheln, im späteren Alter die Korkfarbe an, sind auch dem Kork der Korkeiche in der Structur ganz ähnlich, und es fehlt nichts, als dass die Flügel seitlich zu zusammenhängenden Lagen verwachsen, welches nur bei der Bildung des Korkes in der Korkeiche geschieht. Nicht überall bilden sich die Oberhautschichten zu wahrem Kork aus, dessen Schichten fest untereinander verwachsen bleiben, sondern häufig bleiben sie dünn lamellenförmig und lösen sich blättrig von einander ab, wie diess bei der Birke und den Kirschbäumen geschieht. Man könnte dieses Blätterkork nennen, im Gegensatze des dichten oder Markkorkes. Die Productionen der Epidermis der Pflanzenstengel sind also so verschiedenartig, wie bei den Thieren. Die Haare gehen in Stacheln, diese in Flügelfortsätze, und die Flügelfortsätze in den dichten Korküberzug über, womit sich die Rinde bekleidet. Alle diese Productionen gehören der Rinde, als solcher, durchaus nicht an und können sich daher so gut bei Pflanzen mit einer Rinde, wie bei Pflanzen ohne wahre Rinde finden, wie denn der Kork sich in mancherlei Metamorphosen auch aus der Zellen- und Oberhaut der synorganischen Rhizome entwickelt, am hervorstechendsten bei ***Tamus elephantipes,*** aber nicht minder deutlich auch auf alten Palmenstämmen, wie ***Chamaerops humilis.*** Diese Entwickelung deutet nirgends auf eine wahre Rindenbildung, sondern ist von dieser gänzlich unabhängig.

Entwickelung der Gefässrindenschichten.

§ 93.

Die Schichtenentwickelung der Gefässbündel scheint in einem bestimmten Gegensatze mit den Productionen des Oberhautsystems zu stehen, so dass da, wo die Oberhautproductionen in Form von Blätterkork oder dichtem Kork, oder von Stacheln und Flügeln sehr stark sind, die Schichtenbildung der Gefässrinde zurücktritt und umgekehrt, wo die Schichten der Gefässrinde hervortreten, wie bei der Linde, dem Weine, die Oberhautentwickelung zurücktritt. Es gibt noch ein anderes Verhältniss, wodurch in der Gefässrinde die Schichtenbildung zurücktritt, nämlich das Fleischigwerden, wie bei den Euphorbien, und die Entwickelung der Secretionsorgane, wie der Balsamcanäle bei den Nadelhölzern und Terebinthaceen. Der Grund hiervon scheint darin zu liegen, dass in den Fällen starker Oberhaut oder starker Parenchymentwickelung im Inneren der Rinde, die Lebenssaftgefässe sich sogleich mehr zertheilen und weniger in Bündeln und Schichten gesammelt bleiben, weil sie sich zwischen den Zellen der markigen Productionen ausbreiten, um diese zu ernähren, wie man bei den Euphorbien und Nadelhölzern mit glatter Rinde, z. B. bei ***Pinus Strobus,*** sieht. In den anderen Fällen obliteriren selbst die älteren, in Schichten liegenden, Lebenssaftgefässe, während die feineren zerstreut zwischen den Zellen vertheilt bleiben.

Auf letztere Art geschieht die Gefässrindenentwickelung bei den Birken, der Korkrüster, der Korkeiche. Betrachtet man den Querdurchschnitt der älteren Birkenrinde (Tab. XXXIII. Fig. 4.), so erkennt man, wie sehr mit der Entwickelung der Oberhautblätter die Schichtenbildung in der Gefässrinde zurücktritt. Die Jahresschichten sind nicht vielfach, wie bei'm Wein und der Linde, und ihre Trennung ist überhaupt unmerklich, so dass die älteren besonders in einander verfliessen. Diess geschieht um so mehr, als die Gefässschichten in ihnen

obliteriren und nur noch die Vegetation der Zellen fortschreitet. Mit dem Zurücktreten der Gefässschichten und der Bündelentwickelung tritt gleichzeitig auch die Bildung der Bündeldecken und Schichtendecken zurück, und man findet in dieser Beziehung einen grossen Unterschied, wenn man die ältere Rinde der Linde (Tab. XXXIII. Fig. 2.) mit derjenigen der Birke (ebend. Fig. 4.) vergleicht. Bei der Linde hat jede Gefässschicht ihre Bündeldecken, bei der Birke hingegen entwickeln sich mit den späteren Gefässschichten gar keine Bündeldecken, sondern blosse Zellen. Dagegen treten aber, gleichsam um diesen Mangel zu ersetzen, von der ursprünglichen Schichtendecke abgelöste Bündel (*c*, **1.**) nach innen zwischen die älteren Gefässschichten hinein, in dem Maasse, als die Gefässschichten obliteriren und nur die Zellen noch fortvegetiren, so dass auf diese Art eine ganz eigenthümliche Metamorphose im Innern der Birkenrinde vorgeht, indem die nach innen tretenden Bastzellen zu Steinzellen sich ausbilden, während die Schichten obliteriren und auf eine blosse Zellenhaut reducirt sind. Ungeachtet dessen stirbt die Rinde nach aussen hin viel später ab, als bei denjenigen Rinden, in denen die Oberhaut gar keine oder nur geringe Schichtenproduction zeigt. Damit hängt dann die verschiedene Art von Abschuppung zusammen. Wo nämlich starke Oberhautproduction ist, wie bei der Rüster, der Korkeiche, da sterben die Oberhautschichten ab und die Gefässrinde erhält sich länger vegetirend, weil beständig noch Lebenssaftgefässe durch sie hindurch zur Oberhaut gehen; wo aber die Oberhautschichtenbildung nicht hervortritt, da obliteriren die ganzen äusseren Rindenschichten in ohngefährer Reihenfolge ihres Alters und diese schuppen sich dann ähnlich ab, wie im vorigen Falle die Oberhaut. Bei'm Wein schuppt sich, wie wir gesehen haben, die zweijährige Rinde schon so vollständig ab, dass sie gänzlich abfällt, doch zeigen die älteren Stämme oft noch die Rindenschichten mehrerer Jahre aufgeschichtet. In dieser Beziehung

unterscheidet sich der Wein nicht so sehr, als es scheint, von anderen Bäumen, deren Rindenschichten zwar auch absterben, aber in Form der Borke auf dem Stamme sitzen bleiben. Die Lösung der sich abschuppenden älteren Schichten geschieht, wie man bei'm Wein auf's deutlichste sieht, durch die Zellenhäute, welche sich mit jeder Gefässschicht entwickeln; es sind keine neuen Productionen. Dass die inselförmige Abschuppung durch ein ungleiches Absterben der gleich alten Schichten geschieht, wodurch sich bis auf tiefere Schichten abgestorbene Stellen auslösen, während daneben noch Stücke von geringeren Schichten stehen bleiben, ist oben schon erwähnt. Wenn auch die abgelösten Stücke nicht von selbst abfallen, wie bei der Platane, so sieht man die Linien ähnlicher Absonderung dennoch, z. B. bei ***Pinus sylvestris***.

c. Lage der Lebenssaftgefässe in den Blattstielen.

§ 94.

Im Allgemeinen sind die Gefässe der Blattstiele noch in ähnlich construirten Bündeln, wie in den krautartigen Stengeln. Bei den Polygoneen gleichen diese Bündel darin denen der synorganischen Pflanzen, dass sie völlig geschlossene Bündelscheiden haben, wie ***Rumex Hydrolapathum*** und ***Rheum Rhaponticum*** (Tab. XV. Fig. 14.), wo die Lebenssaftgefässe mit *a*, die Spiralgefässe mit *b*, die Bündelscheiden mit *c* bezeichnet sind. In anderen Fällen, wie bei ***Cochlearia Armoracia*** (Tab. XVIII. Fig. 1.) legen sich die Spiralgefässe in einen nur nach der Innenseite offenen Kreis (*b*), der Zellgewebe markähnlich einschliesst, von welchem sogar markstrahlenartige Fortsätze nach aussen durchbrechen. Lebenssaftgefässe (*a*) umgeben die Spiralgefässe und sind von einer Bündeldecke halbkreisförmig umfasst. Diese Gefässbündel scheinen die Stammbildung wiederholen zu wollen. Diess tritt noch auffallender in dem Blattstielknoten von ***Mimosa pudica***, durch welchen die Bewegung der Blätter verursacht wird,

hervor. Man sieht nur ein Gefässbündel in der Axe des Knotens (Tab. XIX. die unterste Figur). Dieses hat einen elliptischen vollkommen geschlossenen Holzring, um welchen rindeförmig eine Schicht Lebenssaftgefässe, die von einer Bündelscheide rings umgeben sind, liegt. Der Blattstiel selbst (Tab. XIX. die linke der mittleren Figuren) enthält wieder vier Gefässbündel in der Mitte, und zwei in den oberen beiden Ecken, von denen jedes aus einer inneren Schicht von Spiralgefässen und einer äusseren Schicht von Lebenssaftgefässen besteht. Letztere sind von einer Bündeldecke halbmondförmig eingefasst (Tab. XIX. die rechte der mittleren Figuren). Diesen Gefässbündeln ähnlich sind die Bündel der meisten Blattstiele.

7. Verbreitung der Lebenssaftgefässe von den Bündeln und Schichten aus in die Organe.

a. Heerd des Gefässsystems.

§ 95.

Die Vereinigung der Gefässe in den Bündeln und Schichten kann noch nicht den directen Zweck der Ernährung der einzelnen Theile haben, sondern nur den Zweck der Zufuhr des Lebenssaftes zu den verschiedenen Pflanzengliedern im Ganzen. Hier findet sich daher die grösste Ansammlung von Saft, von wo aus er in alle inneren Theile verbreitet werden kann. Diese Vereinigungen von Gefässen bilden also eine Art von Centralpuncten, in welchen sich der nährende Quell concentrirt, ohne dass ein wirkliches Centralorgan vorhanden wäre. Wir nennen daher diese Vereinigung der Gefässe in Bündel oder Schichten den Heerd des Lebensgefässsystems. Die Gefässe selbst erreichen hier den höchsten Grad der Ausdehnung; hier finden sich die expandirten Lebenssaftgefässe vorzugsweise ausgedehnt und dadurch, wie durch die grosse Zahl der Gefässe, wird der Mangel an Stämmen und Herzen ersetzt.

b. Verbreitung einzelner Gefässe in die Organe.

§ 96.

Von dem Heerde aus gehen einzelne Gefässe in alle Organe, wo sie sich jedoch seltener zum expandirten Zustande entwickeln, sondern meistens contrahirt bleiben, ähnlich den plastischen Gefässen der Thiere. Einige unter diesen entwickeln sich indessen nicht selten zum expandirten Zustande im Marke junger Zweige, wie bei ***Sambucus Ebulus, Glycine Apios (Mém. sur la circulation. Pl. 9. fig. 9, d.*** und ***Pl. 11. fig. 3.), Rhus typhinum, Ficus Carica*** und ***Ficus populifolia,*** wovon ich bereits früher eine Abbildung gegeben habe (Natur der lebendigen Pflanze. 1. Thl. Taf. 4. Fig. 4.). Aehnlich bei ***Euphorbia atropurpurea*** (Tab. V. Fig. 2.). Daher enthält das junge Mark oft eine grosse Menge von Lebenssaft. Der Zusammenhang dieser Markgefässe mit dem Heerde in der Rinde wird durch einzelne zwischen den Markstrahlen und den Spiralgefässen des Holzes verbreitete Lebenssaftgefässe vermittelt, deren Verlauf ich bereits aus dem Schöllkraut, den Doldenpflanzen, ***Sanguinaria,*** in der Schrift „über die Natur der lebendigen Pflanze (S. 591. §. 164.)" beschrieben habe. Auch in dem Rindenmarke der fleischigen Euphorbien findet man einzelne expandirte Lebenssaftgefässe verbreitet (Tab. V. Fig. 2.). In der Regel aber sind die zwischen den Zellen sich verbreitenden Lebenssaftgefässe in contrahirtem Zustande und von so unendlicher Feinheit, dass man auf den Querdurchschnitten die contrahirten Oeffnungen nicht gewahr wird, und ihre Längsansichten durch Maceration sehr schwer zu erhalten sind. Doch kann man sie bei denjenigen Pflanzen, wo sich der Lebenssaft nach dem Absterben merklich färbt, wie bei den Aroideen und Musaceen durch Maceration sehr kenntlich darstellen. Vorzüglich gut gelingt dieses bei ***Caladium esculentum*** (Tab. XII. Fig. 2.), wo man die contrahirten Lebenssaftgefässe sich wie ein feines Netz

um die Zellen verbreiten sieht (*c*). Dieses ist hier merklich bräunlich gefärbt und sticht sehr gegen das helle Zellgewebe ab. Aehnlich, doch schwieriger aufzufinden, sind die feinen contrahirten Lebenssaftgefässe zwischen den Zellen bei ***Arum purpurascens*** und ***Arum macrorhizon*** (Tab. XI. Fig. **3. 5.**). Bei den Liliengewächsen erkennt man die Verbreitung der Lebenssaftgefässe im Zellgewebe am besten an den feinen Saftströmen lebender Pflanzentheile, wie bei ***Commelina coelestis*** (Tab. XXIX. Fig. **1**, *c*.), doch lassen sich auch Stücke davon durch Maceration erhalten (ebend. Fig. **3**.). Auch in das Zellgewebe der Epidermis und der Haare dringen die Lebenssaftgefässe ein (Tab. XXIX. Fig. **1**, *d*. Fig. **2**.), verlaufen aber auch hier immer zwischen den Wänden der Zellen, denn auch die einfach scheinenden Haare haben immer einen durchsichtigen Hautüberzug, der die Zellen einschliesst. Die Gegenwart von Lebenssaftgefässen im Zellgewebe der Epidermis und der Haare zeigt sich besonders in der Familie der Cichoraceen und Campanulaceen, bei denen die geringste Verletzung der Epidermis oder der Haare ein Ausfliessen des Milchsaftes erzeugt. Carradori hatte das Ausfliessen des Lebenssaftes aus der verletzten Epidermis bei'm Sallat früher schon als ein Zeichen grosser Reizbarkeit in diesen Theilen angesehen. Diese Reizbarkeit gehört nur den Gefässen an und ist eine ganz allgemeine Erscheinung, die unter günstigen Umständen überall sich zeigt.

8. Habitus der Lebenssaftgefässe in verschiedenen Familien.

§ 97.

Das verschiedene Ansehen der Lebenssaftgefässe ist vorzüglich durch die verschiedene Beschaffenheit der Netze und Verästelungen, und durch die verschiedenen Entwickelungsstufen derselben veranlasst. Zuweilen erhalten sie sich lange auf der Stufe der Contraction,

wie bei den krautartigen fleischigen Liliaceen, zuweilen gehen sie schnell in expandirte und articulirte Formen über, wie bei den Sommergewächsen. Alles dieses ist abhängig von den eigenthümlichen Organisationsverhältnissen und Entwickelungsperioden der Pflanzen, die oft in derselben Familie sehr veränderlich sind, so dass es schwer ist, etwas Allgemeines darüber festzustellen. In der Regel haben diejenigen Familien, wo der Lebenssaft bloss trübe oder milchig ist, die feinsten Lebenssaftgefässe, gewöhnlich im Zustande der Contraction, wie die Orchideen, Liliaceen, Polygoneen, Gräser, Cruciferen, Malvaceen u. s. w. Die Netze sind hier sehr dicht, und die einzelnen Gefässe sind wegen ihrer Durchsichtigkeit am schwersten zu unterscheiden. Indessen finden sich fast in jeder dieser Familien wieder einige Pflanzen, wo der Lebenssaft milchig wird, weil dieses nur auf einer Vermehrung der Kügelchenmenge beruht und keinen sonst wesentlichen Unterschied macht. So haben denn viele Aroideen, der Maïs, die Alismaarten, ***Sagittaria,*** die Aloearten, dann unter den Hülsenpflanzen ***Glycine*** deutlich milchigen Lebenssaft, und hier finden sich nun auch schon mehr expandirte Gefässformen. Doch zeigen die Aloearten, ungeachtet ihres gefärbten Lebenssaftes, nur sehr contrahirte Gefässe. Im Gegentheile werden die Lebenssaftgefässe bei ***Musa*** und ***Sambucus,*** ungeachtet der Lebenssaft hier keine wahre Milchfarbe hat, dennoch sehr gross und expandirt. Diess scheint wieder an etwas anderem, nämlich an der Grösse der Kügelchen zu liegen, die sich in den Lebenssäften dieser Pflanzen finden (vergl. Tab. XXXII. Fig. 4. 6.), ungeachtet sie den Saft nicht milchig machen, weil deren nur wenige sind. Bei vielen Pflanzen bleibt die Netzform nur im contrahirten Zustande der Gefässe hervortretend, später isoliren sich durch Obliteriren der Anastomosen die expandirten Gefässe und laufen lange Strecken ohne Verbindung nebeneinander hin, wie in der Rinde der Ahornbäume. In den Baumrinden überhaupt wird dieses

Verhältniss vorwaltend, weil es hier weniger auf örtliche Verbreitung, als auf ein Fortführen des Saftes nach anderen Theilen ankömmt. Dagegen bleibt in anderen Fällen, z.B. bei den Cichoraceen, die Netzform auch im expandirten Zustande vorherrschend, und erst die articulirten Formen isoliren sich mehr.

Wo markige Rinden in älteren Bäumen und Sträuchern lange fortvegetiren, da erhält sich die Verbindung der älteren mit den jüngeren Gefässschichten sehr lebhaft, und hier tritt dann überwiegend die Form der baumförmigen Verzweigungen hervor, wie wir sie bei ***Euphorbia atropurpurea, Euphorbia Caput Medusae,*** bei ***Pinus Strobus, Ephedra distachya*** und bei den Doldenpflanzen sehen. Um die Secretionsorgane, z.B. um die Balsamcanäle der Nadelhölzer, Doldenpflanzen, Terebinthaceen, erhalten sich die Gefässe lange im feinsten contrahirten Zustande.

Die Bündel und Schichten der Lebenssaftgefässe lösen sich in den fleischigen Pflanzen, wie bei Liliaceen, Aroideen, den Cactus, mehr in zerstreute Gefässe auf, die sich zwischen den Zellen verbreiten. Hier sind dann die Netze sehr locker, besonders im Verhältniss zur Grösse der Gefässe.

9. Allgemeines Bild der Lebenssaftgefässe.

§ 98.

Die Lebenssaftgefässe bieten, im Ganzen betrachtet, weniger in ihren äusseren Formen, als in der Entwickelung und den lebendigen Eigenschaften, bleibende Typen dar, wodurch sie sich von den Spiralgefässen sehr unterscheiden. Ihr wesentlicher Charakter liegt in dem Contractions- und Expansionsvermögen, das den Centralpunct bildet, um den sich alle Formentwickelung bei ihnen dreht. Alle verschiedenen Formen der Lebenssaftgefässe beziehen sich auf die verschiedenen Grade der Ausbildung und Rückbildung der lebendigen contrahirenden Kraft in

ihnen. Je mehr die Contractionskraft in ihnen hervortritt, desto mehr tritt die bleibende Formbildung bei ihnen zurück (in der contrahirten), je mehr die Contraction abnimmt und ihre Functionen zurücktreten, desto mehr bildet sich eine bleibende Form in ihnen aus, wie in den articulirten Formen. Der Hauptcharakter dieser Gefässe liegt daher nicht allein in Merkmalen an den Formen, wie bei den Spiralgefässen, sondern in der Entwickelungsgeschichte ihrer Thätigkeiten; sie sind weniger anatomisch als physiologisch zu beschreiben. Das Typische bei ihnen liegt in der Reihe von Veränderungen, die sie von Anfang bis zu Ende durchlaufen; es ist mehr ihre Geschichte, als die einfache Formbeschreibung, die uns interessirt, und wir können uns ein allgemeines Bild von dem Typus der Lebenssaftgefässe nur durch die Reihe von Metamorphosen verschaffen, welche mit den Veränderungen der Contractilität die Formen durchlaufen. Diese Formen hätten ohne Rücksicht auf die Lebenseigenschaften gar keine Bedeutung. Es ist eben das Leben, was recht überwiegend in diesen Gefässen sich äussert, und zur höchsten Entwickelung durch sie in der Pflanze gelangt; daher sind es auch mehr die Lebensäusserungen als die Formen, welche uns ein vollständiges Bild dieser Gefässe im Ganzen geben. Was in den Formen am constantesten hervortritt, sind die netzförmigen Anastomosen, die sich im Zustande der Contraction und der Expansion am gleichförmigsten erhalten, und wodurch zugleich der Zusammenhang der Gefässe in der ganzen Pflanze hergestellt wird. Die Anastomosen bilden den Anfang und das Ende dieser Gefässe, wodurch sie überall in sich geschlossen sind. Allein sie erhalten sich nur während der Dauer der entwickelten Lebensthätigkeit und obliteriren später, so dass auch sie nur ihre Bedeutung in der Entwickelungsgeschichte des Lebensgefässsystems haben.

Diese Lebensäusserungen der Lebenssaftgefässe beziehen sich nun direct auf die Säftebewegung in ihnen, welche wieder in geradem Ver-

hältnisse ihrer lebenden Kraft steht, so dass die verschiedenen Erscheinungen der Schnelligkeit, der Richtungen, der Kraft der Bewegungen des Lebenssaftes, wenn nicht allein aus dem Zustande der Lebenssaftgefässe erklärlich, doch mit diesem so innig zusammenhängend sind, dass die Bewegung nicht ohne Rücksicht auf die Stufenentwickelungen der Gefässe betrachtet werden kann.

Vierter Abschnitt.
Die Cyklose.

---

§ 99.

Der Gang der Bewegung des Lebenssaftes ist durch die Gefässe gebahnt, und die Ausdehnung und Richtung der inneren Gefässräume schreiben innerhalb gewisser Grenzen den Lauf vor, den der Lebenssaft nehmen kann. Indessen liegen die Triebfedern und der Zweck der Cyklose zum Theil ausserhalb der Gefässe in dem Respirations- und Bildungsprocess, so dass die Strömungen in den Gefässen auch hierauf überall zu beziehen sind, ähnlich wie im thierischen Körper. Von den blattartigen Organen oder deren Stellvertretern, in denen durch die Respiration der Lebenssaft aus dem Holzsafte sich bildet, fliesst der Lebenssaft in den Heerd der Lebenssaftgefässe ab, und wird von hier aus zum Zweck der Bildungen in die Organe vertheilt. Erstere stossen den Lebenssaft zurück, letztere ziehen ihn an, und somit treten die ausser den Gefässen liegenden Beziehungen der Cyklose hervor, die so mannichfach sind, als die Organisationsverhältnisse der verschiedenen Pflanzen selbst. In vielen Fällen kann hier ein Absteigen des Saftes von den obersten Blättern bis zur Wurzel stattfinden, wie man es durch die blattlosen Baumstämme immer vermuthet hat; in anderen Fällen indessen kann sich die Bewegung auf einzelne Pflanzenglieder beschränken und in diesen mehr oder weniger abschliessen, so dass kein allgemein nothwendiges Absteigen des Lebenssaftes von oben nach unten vorhanden ist, im Gegentheile häufig ein Aufsteigen in höher gelegene Theile nothwendig und wirklich ist. Diese Ver-

breitung des Saftes nach allen Theilen, und in den Theilen nach allen Seiten und Richtungen, wird nun durch das kreisförmige Umfliessen des Lebenssaftes in den rein peripherischen Gefässnetzen bewirkt, welches wir mit dem Namen der Cyklose belegt haben. Wir halten uns zunächst an die Beobachtungen, welche jedoch durch eigene Untersuchungsmethoden sehr bedingt sind.

Untersuchungsmethoden.

§ 100.

Es kommt alles darauf an, solche durchsichtige Theile an der lebenden Pflanze zu finden, dass man die Saftströme darin erkennen kann, wenn man sie durch's Mikroskop betrachtet; zugleich aber auch die Gefässe in diesen Theilen soweit in Integrität zu erhalten, dass die Bewegung nicht durch die etwanigen Verletzungen aufhört. Am allerpassendsten zur Beobachtung der Cyklose sind die im noch lebenden Zustande sich von selbst von der Pflanze ablösenden blätterartigen Theile, wenn sie die gehörige Durchsichtigkeit haben, wie z. B. die Kelchblätter vom Schöllkraut, von ***Alisma Plantago, Sagittaria sagittifolia,*** die Stipula der ***Ficus***-Arten, des ***Acer platanoides,*** die Spreublättchen mancher Cichoraceen, wie der ***Hypochaeris***- und ***Achyrophorus***-Arten, ferner die Blumenblätter bei'm Mohn, selbst die durchscheinenden Schotenklappen von ***Chelidonium maius,*** welche sich gegen die Reifezeit bei leiser Berührung von selbst ablösen. Besonders eignen sich die grossen Stipulae von ***Ficus elastica*** zur Beobachtung der Cyklose, weil sie sich sehr leicht wegen des lockeren Zellgewebes im Inneren in zwei Platten der Länge nach auseinanderziehen lassen, welche so durchsichtig sind, dass man die Strömungen des Saftes auf's deutlichste sieht. Wir haben eine Abbildung dieser Strömungen in den ***Annales des sciences naturelles. 1831. tab. 1. fig. 2.*** gegeben. Obgleich die grösseren Zellen der Oberhaut, wie des Parenchyms, besonders bei den Cichoraceen, bei ***Alisma,*** mit einem Netze

feiner contrahirter Gefässe durchzogen sind, so bemerkt man doch, so lange die Oberhaut mit den blattartigen Theilen in Verbindung ist, die Strömung in diesen Gefässen nur mit Mühe, und nur in abgeschnittenen Schichten derselben wird sie sichtbar, wogegen die grösseren Ströme mehr durchscheinen, und durch die unverletzte Oberhaut zu sehen sind. Dagegen werden in den unverletzten einfachen Haaren vieler Pflanzen die Ströme in den feinsten contrahirten Gefässen sichtbar, aber die Beobachtung hat grössere Schwierigkeiten, zugleich wegen der Feinheit der Gefässe und wegen der Kleinheit der Saftkügelchen, wodurch der Saft unscheinbar wird. Doch finden sich in den Haaren der Cucurbitaceen und Campanulaceen schon grössere, leichter unterscheidbare Ströme.

Auch die durchscheinenden Blätter vieler Pflanzen, wie der ***Lactuca***- und ***Tragopogon***-Arten, des Schöllkrauts, lassen die Saftströme im unverletzten Zustande in den mehr durchscheinenden Blattnerven durchschimmern, so dass man, besonders bei heller Beleuchtung, die Bewegung recht gut erkennt; indessen gehört schon ein geübtes Auge dazu, die Richtung der Ströme und ihre Uebergänge in einander zu unterscheiden. Die Blätter eignen sich aber sehr gut dazu, dass man sie noch im Zusammenhange mit der ganzen Pflanze unter das Mikroskop beugt, um die Bewegung zu beobachten, wodurch sich die Zweifel derjenigen beseitigen, welche meinten, dass sich die Bewegung in getrennten Theilen ganz anders, als im Zusammenhange aller Theile der Pflanze verhalte.

In grösseren undurchsichtigen Pflanzentheilen kann man die Bewegung dadurch sichtbar machen, dass man parallel mit dem Laufe der Gefässe dünne Lamellen ausschneidet, in denen die Gefässe, theilweise vom Zellgewebe umgeben, unverletzt bleiben, so dass die Strömungen in solchen Lamellen, besonders wenn sie durch Befeuchten mit Wasser vor dem Austrocknen geschützt werden, sich ziemlich

lange erhalten. Bei ***Alisma Plantago*** sieht man in abgeschnittenen Lamellen der Oberhautzellen die Bewegung, wie ich es schon früher abgebildet habe (***Annales des sciences naturelles. T. XX. 1831. tab. 2. fig. 2.***). Die Feigenbäume eignen sich wegen des ganz farblosen Zellgewebes um die Gefässbündel der Blattstiele sehr gut dazu, in Lamellen, welche durch diese Gefässbündel in paralleler Richtung geschnitten sind, die Bewegung zu beobachten. Bei ***Acer platanoides*** kann man während des Frühlings von den jungen Trieben sehr leicht die ganze Rinde abziehen, und von dieser die grüne Zellenhülle mit der Oberhaut und den Bastzellen der Bündeldecken der Länge nach abschneiden, so dass eine durchsichtige Lamelle übrig bleibt, worin eine hinreichende Anzahl von Gefässen mit Integrität ihrer Netze erhalten ist, um die Bewegung darin zu sehen. In dem ***Mém. sur la circulation. Tab. XIII. fig. 5.*** ist eine solche Schicht abgebildet.

Auch kann man parallel mit den Gefässbündeln aus der Mitte des Stengels synorganischer Pflanzen durchsichtige Lamellen ausschneiden, an denen sich die Bewegung, besonders in den feineren contrahirten Gefässen, welche das Zellgewebe durchziehen, sehr wohl beobachten lässt, wie Tab. XXIX. Fig. 1. aus ***Commelina coelestis.*** Wir gehen nun zur Beschreibung der Strömungen in den verschiedenen Pflanzentheilen über.

1. Cyklose in dem Heerde.

a. In den Rindenschichten und den Gefässbündeln des Stengels.

§ 101.

Zuerst fällt bei Beobachtung der Cyklose in dem Heerde auf, dass in den dicht aneinander gedrängt liegenden Gefässen die Ströme in entgegengesetzten Richtungen auf- und absteigen. Diese Richtungen sind ausserordentlich bestimmt, so dass sie durch Hindernisse in einem oder dem andern Strome nicht abgeändert werden, sondern mit grosser Kraft diese zu überwinden suchen. Man sieht bei Feigenbäumen,

dem ***Acer platanoides,*** dem Schöllkraut, dass wenn durch den Druck des Schnittes eine Gefässstelle verengt worden, oder wenn durch Anhäufung grösserer Massen von Kügelchen der Strom aufgehalten wird, der Saft an dieser Stelle, immer noch von derselben Richtung strömend, sich anhäuft, bis entweder der ganze Strom still steht, oder, was häufig geschieht, bis durch den stärker anströmenden Saft das Hinderniss weggeräumt wird, und der ganze Strom wieder durchbricht und seinen gewöhnlichen Gang nimmt. Die Strömungen dauern so lange, als in die Gefässe noch Saft nachströmt; nimmt der nachströmende Saft ab, so verengern sich die Ströme allmälig in dem Maasse, als sich ihr Inhalt verringert, oder sie erweitern sich, wenn der Zufluss stärker wird, — etwas, das sehr häufig geschieht. Die Grösse der Ströme zeigt sich gewöhnlich sehr verschieden, entsprechend den beisammen liegenden contrahirten und expandirten Gefässen, doch sind die in entgegengesetzter Richtung nebeneinander laufenden Ströme gewöhnlich von gleicher Grösse. Werden zwei nebeneinander liegende Ströme quer durchschnitten, so strömt nur aus dem einen, in der Richtung nach dem Schnitte fliessenden, Saft aus, so lange er von oben Zufluss hat; aus dem von dem Schnitte abfliessenden strömt, ungeachtet der offenen Mündung, nichts aus. Je dicker die Ströme sind, desto mehr gehen sie, in langen Strecken auf- und absteigend, nebeneinander hin, ohne dass man Anastomosen bemerkt; je feiner sie aber werden, desto kürzer sind die Intervalle, wo sich Anastomosen zeigen.

Durch diese Anastomosen gehen dann die auf- und absteigenden Ströme ineinander über, doch auf eine etwas verschiedene Art. Zuweilen kehrt der ganze aufsteigende Strom in den absteigenden um, und ergiesst sich in diesen völlig. In anderen Fällen aber spaltet sich der aufsteigende Strom in zwei Aeste, und kehrt in zwei seitliche absteigende Ströme um, oder die Spaltung geschieht so, dass ein Theil des Saftes die aufsteigende Richtung beibehält, und weiter durch eine

Fortsetzung des Gefässes aufsteigt, der andere Theil aber in einen absteigenden Strom umkehrt.

Ganz auf ähnliche Art, wie man oben die aufsteigenden Ströme in absteigende übergehen sieht, gehen nun unten wieder die absteigenden in aufsteigende zurück, so dass hier ebenfalls die Ströme entweder ganz ineinander umkehren oder sich theilen. Auf diese Art entsteht nun ein Netz von Kreisbewegungen, die sämmtlich untereinander verbunden sind und ineinander überfliessen können; aber auch im Stande sind, sich gänzlich von einander auszuschliessen. Dieses Letztere geschieht dadurch, dass die Theilung der Ströme in den Anastomosen aufhört und nunmehr der aufsteigende Strom gänzlich in einen absteigenden übergeht und umgekehrt. Doch zeigt sich dieses Abschliessen der Stromkreise in dem Heerde viel seltener, als bei den im Zellgewebe zerstreuten Strömen und an Theilen, die sich von selbst ablösen, wie die Schotenklappen bei'm ***Chelidonium maius.***

Auf- und absteigende Ströme zeigen sich durch das Umkehren in einander völlig identisch, sie führen denselben Saft und treiben ihn in Kreisen herum; der Unterschied von Arterien und Venen ist nicht im entferntesten vorhanden, es sind rein peripherische Kreisbahnen, wie in dem peripherischen Gefässsysteme der Thiere.

Wo die Gefässe sich um die Balsamcanäle in Kreisbündeln der Rinde lagern, wie bei den Doldenpflanzen und Terebinthaceen, sieht man dieselben auf- und absteigenden Strömungen, wenn man einen ganzen Balsamcanal sammt seiner Umgebung der Länge nach aus einem lebenden Pflanzentheile abzuziehen sucht, wo sich dann die Gefässe mehr in Integrität erhalten, als bei'm Abschneiden von Lamellen. An den Seiten solcher abgezogenen Parthieen finden sich durchsichtige Stellen, wo man die Strömungen deutlich erkennt. Die Ströme sind hier sehr fein, zum Theil so fein, wie die im Zellgewebe zerstreuten; ihre Anastomosen sind sehr zahlreich, allein das Umkeh-

ren der auf- und absteigenden Ströme ineinander geschieht auf dieselbe Weise, wie in den Rindenlamellen und den Gefässbündeln der krautartigen Pflanzen.

In den Gefässbündeln der Blattstiele des Feigenbaumes findet man die auf- und absteigenden Ströme auf dieselbe Art, nur ist die Zahl der nebeneinander laufenden Ströme geringer, als in den Rindenschichten und den Gefässbündeln der Stengel; auch ist das Umkehren durch Anastomosen hier seltener.

In der Wurzelrinde zeigen sich die Strömungen ähnlich wie in der Stengelrinde, nur sind sie mehr getrennt, nicht so dicht nebeneinander laufend, wie im Stengel. Das Abschneiden von Lamellen gelingt hier in der Regel schwer, weil die Gefässe einen mehr gewundenen Lauf haben. Am besten habe ich die Strömungen in der Wurzel der ***Imperatoria Ostruthium, Angelica Archangelica,*** von ***Chelidonium maius*** und von ***Morus alba*** gesehen. In den feinsten durchsichtigen Wurzelspitzen bei'm Schöllkraut sieht man im unverletzten Zustande die Strömungen durchscheinen.

In allen diesen Fällen sieht man keine absatzweisen oder pulsirenden Bewegungen der Gefässe, sondern der Saft scheint gleichförmig fortzuströmen. Indessen bemerkt man in solchen Fällen, wo sich die Strömungen im Zusammenhange mehrerer Kreise länger erhalten, dass ein allmäliges Verkleinern der Ströme sich zeigt, dem dann ein ebenso allmäliges Vergrössern folgt, verbunden mit einer entsprechenden Erweiterung oder Verengerung der Gefässe. Sobald die Erweiterungen eintreten, werden die Ströme langsamer; wenn später Verengerungen folgen, beschleunigt sich die Bewegung. Der Grad dieser Verkleinerung und Vergrösserung der Ströme ist in dem Heerde der Cyklose nicht sehr bedeutend, doch sieht man, dass oft die Verengerung die Hälfte des Stromdurchmessers erreicht. In den um die

Balsamcanäle verlaufenden Strömen bei Doldenpflanzen werden die Erweiterungen und Verengerungen viel bedeutender.

Im Ganzen ist die Geschwindigkeit und Kraft der Strömungen in dem Heerde sehr gross, und bei kräftiger Vegetation sehr wohl mit der Geschwindigkeit der Ströme in den peripherischen Netzen der Thiere zu vergleichen.

b. Cyklose in den Gefässbündeln der Blattnerven.

§ 102.

Es gehört eine starke milchige Trübung des Lebenssaftes und grosse Durchsichtigkeit der Blattnerven dazu, um die Strömungen in ihnen erkennen zu können. Am besten gelingt die Beobachtung in den Mohnen, dem Schöllkraut, den Cichoraceen, besonders bei den ***Lactuca***- und ***Tragopogon***-Arten. In den Blättern der Feigenbäume erkennt man die Bewegung gar nicht oder doch sehr schwer, weil das Plasma des Lebenssaftes zu durchsichtig ist. Das Auf- und Absteigen der Ströme bemerkt man in dicht nebeneinander liegenden Gefässen zuerst; Anastomosen sind selten und meist nur an den Verzweigungen der Blattnerven zu finden. Die Uebergänge der Ströme scheinen hier also mehr die Anastomosen der ganzen Bündel, als die Anastomosen einiger Gefässe zu betreffen.

Die Beobachtung hat hier das Bequeme, dass sich die Bewegung in den unverletzten Blättern sehr lange erhält, besonders wenn die Blätter mit der Pflanze zusammenhängend bleiben; aber auch in abgesonderten Blättern erhält sich die Strömung sehr gut, wenn man das Welken der Blätter durch Anfeuchten verhindert. Man sieht sogar die schon stockende Bewegung in welk werdenden Blättern durch Anfeuchten mit Wasser wieder entstehen. Helles Licht erleichtert hier die Beobachtung sehr.

2. Cyklose in den zerstreuten Gefässen des Parenchym's.

a. Die grösseren Ströme im Zellgewebe blattartiger Theile.

§ 103.

Die Bracteen, Nebenblätter, Kelchblätter, Blumenblätter, die durchsichtigen Fruchtklappen, kommen darin überein, dass nicht alle Gefässe in Bündeln oder in Blattnerven neben den Spiralgefässen verlaufen, sondern gewöhnlich nur ein Mittelbündel oder ein paar Randbündel vorhanden sind, während in dem zwischenliegenden Parenchym die Lebenssaftgefässe sich ganz einzeln und ohne Verbindung mit Spiralgefässen verbreiten. Hier bildet sich daher ein Stromnetz mit weiten Maschen, und die Srömungen erhalten die grösste Aehnlichkeit mit den Blutströmen in membranösen Theilen der Thiere, so dass auch Cuvier, als ich ihm in Paris im Jahre 1830 die Bewegung in den Kelchblättern von ***Chelidonium maius*** zeigte, ausrief: ***„Voilà une circulation comme dans la patte d'une grenouille"***. Eine Anschauung von diesen Stromnetzen erhalten wir in den Schotenklappen und Kelchblättern des Schöllkrauts durch Fig. 2. u. 4. der Tafel zu unserer Schrift „über den Kreislauf des Saftes im Schöllkraut"; in den Nebenblättern von ***Ficus elastica*** durch Fig. 2. Tab. I. der ***Annales des sciences naturelles. T. XXII.*** Auch haben wir Abbildungen dieser Netze aus einer Bractee von ***Aloë glauca,*** einer Stipula von ***Acer platanoides*** und einem Kelchblatte von ***Sagittaria sagittifolia*** hier beigefügt (Tab. XXVI. und Tab. XXX.). Ueberall sieht man hier den Saft ebenfalls in auf- und absteigenden Strömen sich bewegen; allein da die Ströme weiter von einander entfernt sind, als in dem Heerde, ganz isolirt im Zellgewebe verlaufen und die Anastomosen in grösseren Bogen die Gefässe verbinden, so sieht man die Einzelnheiten an den Stromnetzen hier viel deutlicher, als in den Bündeln und Schichten der Heerde. Aber es ergibt sich eben so leicht, dass sämmtliche Ströme bloss die auseinander gezogenen Ströme von

Bündeln sind, die von der Blattinsertion aus in diese blattartigen Theile eintreten, ähnlich, wie man die Bündel präparirter Gefässe zu solchen weiten Netzen seitlich ausbreiten kann. Betrachtet man die Cyklose in dem Kelchblatte von ***Sagittaria sagittifolia*** (Tab. XXX. Fig. 2.), so erkennt man, dass die in das Blatt eintretenden und austretenden Ströme *(aaa, bbb)* sämmtlich in entgegengesetzten Richtungen auf- und absteigen. Gegen die Blattspitze hin spaltet sich jeder aufsteigende Strom in zwei Aeste, die sich bogenförmig in die beiden seitlichen absteigenden umbiegen *(c)*. Aber auch schon unterweges finden Spaltungen der Ströme statt *(d)*, wodurch sich seitliche Anastomosen und kleine abgezweigte Stromnetze bilden. Es ist ähnlich in der Bractea von ***Acer platanoides*** (Tab. XXX. Fig. 1.). Man sieht hier öfter die auf- und absteigenden Ströme paarweise nebeneinander liegen, so dass solche Paare häufigere Anastomosen unter sich bilden. Aber man sieht auch mehrfache Spaltungen und Verbindungen einzelner Ströme, wodurch Netze entstehen, besonders gegen die Blattspitze hin, wo zuletzt alle Ströme bogenförmig in einander umbiegen. Die Pfeile auf der Zeichnung deuten die Richtungen der Ströme an. In den Bracteen von ***Aloe glauca*** zeigen die Stromnetze wieder eine andere Gestalt. Die auf- und absteigenden Gefässe verlaufen mehr einzeln und gesondert, spalten sich aber häufig in Zweige, die sich theils unter sich, theils mit den nächstliegenden Strömen durch längere Seitenäste zu Stromnetzen verbinden. Durch die Mitte läuft ein Bündel mit Spiralgefässen in die Höhe; die seitlichen Ströme verbreiten sich durch das Parenchym ganz einzeln ohne Spiralgefässe. Das Ganze, wenn alle Ströme in Bewegung sind, bietet genau das Bild der peripherischen thierischen Stromnetze dar. In allen diesen Fällen sieht man indessen nur die grösseren Ströme durch das Zellgewebe durchschimmern. Die kleineren Verästelungen entziehen sich dabei dem Auge, oder sind doch bei dem Anblick im Ganzen nicht sichtbar.

*

b. Cyklose in den feineren Stromnetzen zwischen und um die Zellen des Parenchym's und der Haare.

§ 104.

Die feineren Verzweigungen der Stromnetze sieht man nur da, wo die einzelnen Zellen mehr blossgelegt sind und die nackten Ströme ganz frei durchscheinen. Es scheint jedoch nicht, dass bei allen Pflanzen die Verfeinerung der Stromnetze im Parenchym einen gleich hohen Grad erreicht. Wo die Kügelchen des Lebenssaftes sehr gross und zahlreich sind, wie bei den Feigenbäumen, den ***Sambucus***-Arten, den Euphorbien, da ist die Verfeinerung der Ströme nicht so gross als da, wo die Kügelchen kleiner und weniger zahlreich sind, wie bei den Liliaceen, wo der Lebenssaft weniger milchig erscheint. Doch ist die Milchfarbe selbst kein Hinderniss der hohen Verfeinerung, da wir bei den Campanulaceen den Milchsaft in den feinsten Strömen des Zellgewebes fliessen sehen.

Doch ist es auch bei den Pflanzen, ähnlich wie bei den Thieren, dass die grösseren Kügelchen in die feinsten Ströme gar nicht eindringen, daher diese dann blosses Saftplasma ohne Kügelchen führen. Wo nun das Plasma farblos ist, wie bei den Feigenbäumen, bei ***Musa, Sambucus,*** da werden die feinsten Ströme gänzlich unsichtbar und nur in den Fällen, wo das Plasma selbst eine feinkörnige Bildung zeigt, wie bei den Campanulaceen und Cucurbitaceen, da werden auch diese feinsten plastischen Ströme sichtbar. Viele Pflanzen mit nicht milchigem Lebenssafte zeigen ein körnig-trübes Plasma, daher auch bei diesen die feinen Ströme zwischen den durchsichtigen Zellen sichtbar werden, wie bei den meisten Personaten, den Urticeen, Loaseen. Den allmäligen stufenweisen Uebergang der grösseren Sröme durch Abnahme ihres Durchmessers in die feinsten Netze sieht man am deutlichsten in dem Wurzelzellgewebe der Doldenpflanzen und der Campanulaceen. Die Ströme erreichen hier überhaupt keinen sehr grossen

Durchmesser, daher kein so grosser Schritt bis zur letzten Verfeinerung vorhanden ist. Auch in den Spreublättchen der Cichoraceen sieht man die allmälige Verfeinerung sehr gut. Sie wird übrigens überall dadurch vermittelt, dass die feinsten Ströme sich an einzelnen Stellen von Zeit zu Zeit excessiv wieder ausdehnen, so dass sie den grösseren von gleichförmigem Durchmesser sehr wenig nachgeben. Diese periodische Ausdehnungen einzelner Stellen der feinen Ströme gehören zu dem Hauptcharakter, wodurch sich das Gesammtansehen ihrer Netze von Zeit zu Zeit gänzlich ändert, indem an der Stelle, wo früher feine, kaum sichtbare Ströme gingen, später stark ausgedehnte erscheinen, wogegen die ausgedehnten sich fast bis zur Unsichtbarkeit wieder verfeinern, so dass das ganze Netz zu verschiedenen Zeiten ein ganz verschiedenes Bild darbietet. Ein gänzliches Verschwinden einiger und gänzliches Wiederentstehen anderer neuen Ströme, wie Meyen glaubte, findet aber nicht statt, wenigstens nicht in so kurzer Zeit, als von ihm angegeben wird.

§ 105.

Betrachten wir die Cyklose in einem der grossen Haare auf der Frucht von ***Sicyos angulata*** (Tab. XXXI. Fig. 4.), so finden wir zunächst die in entgegengesetzter Richtung nebeneinander auf- und absteigenden Ströme, ähnlich wie z. B. in den Kelchblättern des Schöllkrauts, oder in einer Stipula von ***Ficus elastica.*** Die Richtung dieser Ströme ist sehr constant, allein man sieht hier, wie überall, dass die aufsteigenden sowohl, als die absteigenden Ströme nur kurze Strecken für sich verlaufen, dann aber sich spalten und durch Seitenäste mit den Nachbarströmen in Verbindung setzen. An den Verbindungsstellen kehrt der Theil des durch den aufsteigenden Seitenast in den absteigenden Strom gehenden Saftes mit diesem in abwärts gehender Richtung um; sobald sich aber der absteigende Strom selbst wieder in Anastomosen spaltet, geht der in einen aufsteigenden Strom

seitwärts fliessende Saft mit diesem Strome wieder in die Höhe und auf diese Weise bilden sich netzförmig zusammenhängende Stromkreise, in denen sich der Saft dergestalt dreht, dass er dabei von einem nebenliegenden Kreise durch die Anastomosen immer neuen Saft erhält, und hinwiederum in einen anderen Kreis Saft abgibt. Diess ist überall so, man kann sich aber hier von dem Zusammenhange sehr deutlich überzeugen. Es findet daher ein beständiges Durcheinanderfliessen des Saftes der verschiedenen Stromkreise in dem ganzen Netze statt. Hierbei kann nur eine allmälige Entleerung der nächst oberen Kreise in die unteren, oder umgekehrt ein Entleeren oder stärkeres Ueberfliessen eines unteren Saftkreises in den oberen stattfinden, je nachdem die Verbindungsäste, in welche sich die Ströme spalten, stärkere Zweige nach dem aufsteigenden oder nach dem absteigenden Seitenstrom hinsenden. Ist nämlich der zu dem absteigenden Strome gehende Ast der Anastomose grösser, so wird sich nach wiederholten Umkreisen immer mehr Saft in das nächst untere Maschennetz ergiessen, und der Saft sich aus den oberen Kreisen allmälig entleeren. Hierdurch geschieht es zuweilen, dass die theilweise entleerten Gefässnetze sich so sehr zusammenziehen, dass sie fast dem Auge schwinden und daher das Netz ein ganz anderes Ansehen erhält.

Indessen sind es in den Haaren bei ***Sicyos*** und anderen Pflanzen nicht sowohl ganze Kreise von Gefässen, die sich gleichförmig in ihrer ganzen Ausdehnung zusammenziehen, wie man es in dem Heerde wohl findet, sondern zunächst einzelne Stellen, in denen man den Wechsel von Contraction und Expansion sehr auffallend bemerkt. So sieht man häufig einen aufsteigenden Strom nach und nach, während die Schnelligkeit der Srömung in ihm abnimmt, sich um das Doppelte, selbst Dreifache erweitern, wobei die Communicationsäste, in welche er sich oben spaltet, ihre frühere Feinheit, ähnlich wie der seitliche absteigende Strom, behalten. Diese Anschwellung dauert mehrere

Minuten, dann fängt sie allmälig an, wieder zu schwinden und das Gefäss contrahirt sich an dieser Stelle bis zur äussersten Feinheit. Bald sieht man dann aber an einer anderen Stelle sich eine ähnliche Gefässanschwellung bilden, welche nach einiger Zeit sich ebenso wieder von Saft entleert. Es sind nicht immer Zwischenströme zwischen den Anastomosen, welche sich so contrahiren und expandiren, sondern häufig auch die Verbindungsstellen der Anastomosen selbst, welche knotenähnlich aufschwellen, und dann nach mehreren Seiten hin strahlenförmig feine Zweige aufnehmen und abgeben. Man findet sowohl diese Knoten, als die Anschwellungen der Zwischengefässe, in der Zeichnung angedeutet. Bei ***Sicyos angulata*** nehmen die Gefässe eine gestreckte lineare Richtung, die Spaltung der Ströme geschieht immer in spitzen Winkeln, wodurch die Stromnetze im Ganzen ein strahlenförmiges Ansehen erhalten.

Dieses wird noch dadurch vermehrt, dass in den Anschwellungen der Verbindungsstellen sich von den Seiten sowohl, als von oben nach unten feine Gefässe ein- und ausmünden, so dass diese Knoten zuweilen fast wie ein Krebsherz aussehen. Sobald sie aber den höchsten Grad der Ausdehnung erreicht haben, nehmen sie allmälig wieder an Umfang ab, und die ganze Anschwellung verschwindet insoweit, dass nur die gewöhnlichen Anastomosen der feinsten contrahirten Gefässe übrig bleiben. Man erkennt übrigens den Zusammenhang der Ströme in den Haarzellen mit den Zellen der Epidermis und des Parenchym's der Frucht, in deren Gefässbündel sich die zerstreuten Netze sämmtlich vereinigen. Auch sind die Ströme anf den einzelnen Zellen nicht abgeschlossen, sondern gehen von einer zur anderen über. Das Haar ist nicht aus einfachen Zellengliedern gebildet, sondern hat einen zusammengesetzten Bau. Ausserhalb ist es von einem gleichförmigen Epithelium überzogen, das sich ununterbrochen über alle Zellenscheidewände fortsetzt. Die Zellen selbst haben ihre besonde-

ren Häute und sind in einer gegliederten Reihe übereinander stehend. Die Ströme verlaufen zwischen dem Epithelium und den von ihm eingeschlossenen Zellenhäuten. Man sieht dies nicht nur am Rande der unverletzten Haare, sondern auch an sorgfältigen Querdurchschnitten der Haarbasis. Der Uebergang der Ströme von einer Zelle zur anderen über die Scheidewände hinaus ist oft schwer zu finden, weil nämlich die Ströme ein rund um die Zellen gehendes Netz bilden und sowohl zu den Seiten, als an den Enden der Zellen zwischen den Scheidewänden in die Tiefe dringen, und sich hier in ihrem Verlaufe dem Auge entziehen. Es gewinnt dadurch das Ansehen, als ob die Stromnetze auf den einzelnen Zellen abgeschlossen wären, was indessen durchaus nicht der Fall ist. Häufig sieht man nämlich die Ströme sich über die Zellenscheidewände hinaus ununterbrochen von einer Zelle zur andern fortsetzen, wodurch der Zusammenhang des Ganzen hergestellt wird.

§ 106.

R. Brown, der ohne Rücksicht auf die Gesammterscheinungen der Cyklose diese Bewegung an den Haarzellen der Staubfäden von ***Tradescantia virginica*** beobachtete, verglich dieselbe mit der Rotation des Saftes in den Schläuchen der homorganischen Pflanzen, indem er glaubt, dass die Bewegung innerhalb der Höhle einfacher Zellenblasen, wie bei den Charen geschehe ***(On the sexual organs and Impregnation in Orchideae and Asclepiadeae. 1831. p. 31).*** In dieser Vergleichung folgte ihm Slack, der in einer Abhandlung über die Verbesserung der Mikroskope ***(Transactions of the society of Arts, Manufactures, Commerce, Vol. 49,*** übersetzt in ***Annales des sciences naturelles. 1834. p. 193, 271)*** über Pflanzengewebe überhaupt und über die Saftbewegung in den Haaren schrieb. Slack hatte aber ganz richtig gefunden, dass die Haare nicht, wie R. Brown vorausgesetzt hatte, aus Reihen einfacher Zellenblasen gebildet, sondern aus doppelten

Membranen zusammengesetzt seien, von denen die inneren einen häutigen Sack bilden, der die blaue Farbe enthält, welche die Haare der Staubfäden von ***Tradescantia*** bei'm Aufblühen der Blume annehmen, während die äussere von glasartiger Durchsichtigkeit ist. Slack sah nun, dass die feinen Ströme zwischen beiden Zellenmembranen verlaufen und beschrieb sie in ihrer netzförmigen Verzweigung und ihren Anastomosen ganz richtig. Allein er glaubte noch, dass die Bewegung in den einzelnen Zellen oder vielmehr in den Haargliedern abgeschlossen sei, und fand daher ungeachtet der vielfach verzweigten Strömungen den Unterschied von der Rotation des Saftes der homorganischen Pflanzen nicht. Auch Meyen blieb bei dem unrichtigen Vergleiche der Strömungen in den Haarzellen mit der Rotation stehen (Neues System der Pflanzenphysiologie. Berlin 1838. 2. Bd. S. 237 f.). Meyen hatte jedoch den Widerspruch gefühlt, der in dem Vergleiche verästelter Strömungen in den Haaren mit den einfachen Strömungen der Rotation liegt, besonders da die ersteren nicht in dem freien inneren Raum einer Zelle, sondern zwischen zwei Zellenmembranen verlaufen. Statt dass ihn aber dieser Widerspruch zur Auffassung des Unterschiedes hätte führen sollen, nahm Meyen ganz gegen die wirklichen Erscheinungen an, dass alle einzelnen Stromverzweigungen sich zuletzt auf zwei Hauptströme zurückführen lassen müssten, die am Ende jeder Zelle ineinander umkehren müssten, und dazu läugnete Meyen die Gegenwart doppelter Zellenwände, zwischen denen die Ströme verlaufen, gänzlich, und glaubt, dass nur frei im Innern des Zellenraumes der Saft sich bewege. Diess steht nun aber so sehr im Widerspruch mit den permanenten Bahnen der feinsten Verzweigungen der Ströme, dass diese, wenn sie keine begrenzten Gefässe hätten, beständig zusammenfliessen müssten, was aber ausser den Anastomosen nie beobachtet wird. Auch hatte Meyen selbst sehr wohl gesehen, dass das Umkehren der von ihm angenommenen Hauptströme

nicht immer an den Enden, sondern häufig in der Mitte und sonst an allen Orten der Zelle geschehe, was ebenfalls bei einer Rotation ganz unmöglich wäre. Den Zusammenhang der Stromnetze verschiedener Zellen hatte Meyen nicht erkannt und es scheint, als ob er sich mit Brown und Slack vorzüglich auf die angenommene Abgeschlossenheit der Ströme in einzelnen Zellen stützte. Da nun diese Bewegungen im Zellgewebe sich bei vielen heterorganischen Pflanzen finden, so müsste man bei diesen neben der Cyklose noch eine rotatorische Bewegung in den Zellen annehmen, so dass also hiernach zweierlei verschiedene Circulationen bei einer und derselben Pflanze vorkommen müssten.

Um mit einem Blicke den grossen Unterschied zwischen der Rotation und der Cyklose in den Haarzellen zu übersehen, haben wir in Fig. 8. Tab. XXXI. das einfache Schlauchglied aus der Wurzel von ***Chara vulgaris*** mit der darin stattfindenden Rotation, neben den netzförmigen Strömungen der Cyklose in dem Haar von ***Sicyos angulata*** dargestellt. Man sieht hier die zwei auf- und absteigenden und an den Enden radförmig ineinander umkehrenden Ströme, die also nur einen continuirlichen Strom im Ganzen bilden, der in der Mitte noch das Phänomen der secundären Rotation (Natur der lebendigen Pflanze. Thl. II. S. 477) zeigt, wo ein Kugelhaufen sich zwischen den Strömen umwälzt, der von dem aufsteigenden Strome in die Höhe, von dem absteigenden auf der anderen Seite abwärts bewegt, und so um seine Axe gedreht wird, wie ursprünglich in den runden Schläuchen die Rotation beginnt. Vergleicht man diese Rotation mit den netzförmigen Strömen der Cyklose des Lebenssaftes in den Zellen der Haare, so findet man, auch abgesehen von der abgeschlossenen Drehung eines radförmigen Stromes an den Schlauchwänden der Charen, eine so grosse Verschiedenheit der Entwickelungsgeschichte der Rotation von der Cyklose, dass beide bei näherer Betrachtung nicht zu verwechseln sind.

Meyen hat das Anschwellen und Verengern der Ströme bei der Cyklose in den Haaren ganz verkannt. Er glaubte nämlich, dass die Anschwellungen durch Vereinigung mehrerer Ströme entstünden, wogegen er die Verengerungen als ein gänzliches Verschwinden ansah, das aber bei sorgfältiger Verfolgung der Bewegungen sich nie wirklich findet, obgleich es oft diesen Anschein hat, indem durch die feinen Ströme durchsichtiges Saftplasma ohne alle Kügelchen fliesst, die aber von Zeit zu Zeit wieder erscheinen.

§ 107.

Eine Frage dringt sich bei der Betrachtung der feinsten Stromzweige in der Cyklose leicht auf, nämlich, ob die feinsten Ströme auch noch wirklich Gefässwände haben. Dieselbe Frage ist auch bei der thierischen Circulation in den sogenannten Haargefässen (dem peripherischen Systeme) vielfältig erörtert worden und alles, was sich für und gegen die Anwesenheit wirklicher Gefässwandungen in den feinsten Verzweigungen thierischer Gefässe sagen lässt, lässt sich auch von den Pflanzengefässen sagen. In gewissen thierischen Theilen lassen sich die feinen Gefässnetze durch Einweichen abgesondert herauslösen, und hier bleibt kein Zweifel über die Gegenwart von Wandungen übrig. Ob aber hierbei die feinsten plastischen Gefässe mit erhalten werden, bleibt zweifelhaft, wie es denn auch in vielen Theilen wieder unmöglich wird, die Gefässe überhaupt heraus zu präpariren. Ganz dasselbe ist bei den Pflanzen der Fall. Die durch Maceration abzusondernden feinen Gefässnetze aus den Gefässbündeln bei den Campanulaceen, den Cichoraceen, bei *Commelina* u.s.w., die ebenso darzustellenden feinen Netze auf den Zellen der Aroideen, lassen keinen Zweifel übrig, dass hier wirklich Gefässe mit eigenen Wandungen vorhanden sind; allein schwerlich möchte man die feinsten Gefässe der Saftströme, z. B. in den Haaren der Campanulaceen, isolirt

herauspräpariren können, obgleich die wirkliche Anwesenheit desselben Milchsaftes in diesen Strömen, der alle anderen Lebenssaftgefässe der Campanulaceen füllt, keinen Zweifel übrig lassen kann, dass die feinsten Strömungen in den Haaren unmittelbare Fortsetzungen der grösseren Ströme sind, deren Gefässe sich völlig isolirt herauspräpariren lassen.

Der Zusammenhang der Saftströme in den Haarzellen mit der Cyklose im Inneren des Parenchym's der Organe wird auch bei Betrachtung der Cyklose in den Haaren der Staubfäden bei ***Campanula rapunculoides*** (Tab. XXXI. Fig. 3.) deutlich. Diese Haare unterscheiden sich von denen bei ***Sicyos angulata*** durch ihre Einfachheit ohne alle innere Gliederbildung. Aber sie sind dennoch aus zwei ineinander steckenden Zellenmembranen gebildet, wie man Tab. XXXI. Fig. 2. sieht, wo sich an einem zerdrückten Haare die innere Zellenblase abgelöst hat, und in Form eines zerknickten Schlauches sich darstellt. Zwischen diesen beiden Zellenhäuten verlaufen nun hier, wie überall, die Ströme. Sie bilden dieselben Netze, wie bei ***Sicyos angulata,*** verlaufen aber mehr geschlängelt und die Communicationsäste, in welche sich die Ströme spalten, gehen oft in stumpfen Winkeln auseinander, so dass die Netze ein schlafferes Ansehen haben, als bei ***Sicyos.*** Sonst machen sich die stellenweisen Anschwellungen der Ströme hier auch sehr merklich. Dabei tritt hier zuweilen der Fall ein, dass dergleichen Anschwellungen in zwei nebeneinander liegenden und sich bald wieder verbindenden Strömen so gross wird, dass die Ströme sich dicht berühren und die Masche zwischen ihnen ganz verschwindet, so dass, wenn beide Ströme in einer Richtung fliessen, es ganz so aussieht, als wenn sie seitlich zusammengeflossen wären, was aber durchaus nicht der Fall ist. Gehen solche Ströme in entgegengesetzter Richtung, so entsteht das Ansehen einer Drehung, ähnlich der Rotation, die sich aber später wieder in getrennte Ströme auflöst.

In den Haaren der Blumenkronen bei ***Campanula rapunculoides*** verlaufen die Ströme fast in linienförmig-paralleler Richtung (Tab. XXXI. Fig. 1.). Diese Ströme spalten sich häufig dergestalt, dass nach der Spaltung zwei parallele Ströme in einer und derselben, nicht in entgegengesetzter, Richtung gehen, in welchem Falle sich aber die Ströme später wieder zu vereinigen streben. Im Allgemeinen gehen die Ströme ebenfalls immer in entgegengesetzter Richtung, aber die Anastomosen sind selten, und häufig verläuft ein Strom durch die halbe Haarlänge ohne Anastomosen. Nicht selten sieht man Ströme ganz ausgehen, weil sie sich mehr in die Tiefe wenden. Am Ursprunge des Haares kommen die Ströme aus den Gefässbündeln der Blumenblätter zum Vorschein und gehen auch dahin wieder zurück.

Im Ganzen dauert die Cyklose in den Haarzellen länger, als z. B. in abgesonderten Kelchblättern, allein sie hört doch immer viel früher auf, als die Rotation in getrennten Stücken bei den homorganischen Pflanzen.

§ 108.

Nicht bloss in dem Zellgewebe der Haare, sondern auch zwischen den Zellen, besonders in dem grosszelligen und durchsichtigen Zellgewebe im Innern des Stengels vieler Liliaceen, Cucurbitaceen, Asperifolien, sieht man, ähnlich wie auch in dem Marke der Doldenpflanzen, sehr feine Ströme von Lebenssaft in den zerstreuten Gefässen, die sich vom Heerde aus hierher verbreiten. Vorzüglich scheinen es Pflanzen mit bloss trüben oder durch geringe Menge kleiner Kügelchen wenig milchigen Lebenssaft zu sein, wo sich diese feinen Stromnetze auf den Zellen beobachten lassen. Sehr häufig hat es auch hier den Anschein, als ob die Strömungen auf einzelne Zellen beschränkt und in diesen abgeschlossen wären, weil die Gefässnetze die Zellen von allen Seiten umspinnen, so dass die Ströme an den Enden der Zellen sich in die Tiefe verlieren, ohne dass man den Zusammenhang

der Netze verschiedener Zellen gewahr würde; allein bei genauer Betrachtung findet man nicht nur die Verbindung der Stromnetze verschiedener Zellen, sondern auch den Zusammenhang der im Zellgewebe zerstreuten Ströme mit dem Heerde in den Gefässbündeln. Zur Erläuterung dieser Verhältnisse haben wir (Tab. XXIX. Fig. 1.) den Längsschnitt eines lebenden Stengels von ***Commelina coelestis*** abgebildet, welcher durch ein Gefässbündel geht, und noch ein Haar auf der Oberhaut trägt. Zur Seite der Spiralgefässe *(a)* sieht man den Heerd der Cyklose *(b)*. Dieser Heerd enthält ein Bündel von Lebenssaftgefässen in sehr feinem contrahirten Zustande, dessen einzelne Gefässe gedrängt aneinander liegen und durch Anastomosen zu einem Netz mit langen Maschen verbunden sind. In diesen Gefässen bewegt sich der Lebenssaft in aufsteigenden und absteigenden Strömen, welche, wie überall, durch die Anastomosen ineinander ganz oder theilweise umkehren. Ausserdem erkennt man zu den Seiten des Heerdes in dem grosszelligen Gewebe die Cyklose in zerstreuten auf- und absteigenden Strömen, welche aber nicht minder durch Spaltungen seitlich anastomosiren *(c)*, so dass ein feines Stromnetz mit weiten Maschen gebildet wird. Die Spaltungen der Ströme gehen zuweilen am Ende der Zellen rechtwinklig auseinander, und die Zweige dann mit den Zellenwandungen so parallel, dass man sie oft schwer unterscheidet. Häufig sieht man mitten auf einer Zelle die Ströme mehrerer Netze strahlenförmig zusammen kommen, so dass sich hier eine knotenförmige Erweiterung bildet *(f)*, wie ich sie ähnlich bei ***Sicyos angulata*** beschrieben habe; allein diese Erweiterung ist nicht permanent und schwindet durch Contraction der Gefässe später wieder. Sonst beobachtet man die periodischen Anschwellungen der Ströme hier seltener, als bei ***Campanula*** und ***Sicyos***. Die zerstreuten Stromnetze der Zellen hängen durch Verbindungszweige *(e)* mit den Strömen in dem Heerde zusammen, so dass eine Isolirung der Zellgewebeströme durch-

aus nicht vorhanden ist. Inzwischen ist eine relative Abgeschlossenheit der Ströme, besonders auf den grösseren Zellen der Haarglieder, vorhanden, diese ist jedoch nur analog der relativen Abgeschlossenheit der Lebensthätigkeit in den Articulationen der äusseren Pflanzentheile, und nicht durch eine gänzliche Sonderung der Strömungen verschiedener Zellen bedingt.

In dem stärker vergrösserten Haare von ***Commelina coelestis*** (Tab. XXIX. Fig. 2.) bemerkt man deutlicher die Zellenkerne, von denen R. Brown glaubte, dass sie eine permanente Axe bildeten, um welche die Ströme sich drehten. Indessen findet sich nicht in den Zellen aller Pflanzen ein solcher Kern. Slack, der sonst R. Brown folgt, bemerkt schon, dass die Kerne in den Haaren bei ***Pentstemon*** fehlen. Aber sie fehlen ebenso in den Zellen des Parenchym's und der Haare der Campanulaceen und Cucurbitaceen, und haben nicht die besondere Beziehung zu den Strömen, welche R. Brown voraussetzte. Diese Kerne, wo sie vorhanden sind, liegen auch innerhalb des innersten Zellensacks der Haare und überhaupt im Inneren einfacher Zellen, während die Ströme der Cyklose ausserhalb der Zellen, oder vielmehr zwischen den aneinander liegenden Zellenwänden sich verbreiten, und nur in seltenen Fällen tiefer in das Innere derselben einzudringen scheinen. Die Hauptsache aber ist, dass die ganze Säftecyklose in den Zellen gar nicht in einer einfachen Drehung eines ungetheilten Stromes um eine Axe besteht, wie man, veranlasst durch den unrichtigen Vergleich derselben mit der Rotation homorganischer Pflanzen, voraussetzte, sondern dass die netzförmig anastomosirenden Ströme vielmehr ihre Einheit in den einzelnen Kreisen haben, welche die Maschen der Stromnetze, in sich selbst zurückkehrend, umfliessen. Wollte man also eine Beziehung dieser Stromnetze zu den Zellenkernen annehmen, so müsste sie von ganz anderer Art sein, als die vorausgesetzte Drehung der Ströme um den Kern. Erscheinungen der

Art, welche auf eine Beziehung der Stromnetze zu den Kernen deuten, zeigen sich nicht selten darin, dass, wie man in Fig. 2, *a.* Tab. XXIX. sieht, viele Ströme sich oberhalb des Kernes strahlenförmig vereinigen und hier einen Knoten vieler Anastomosen bilden. Allein ähnliche Vereinigungen der Ströme bilden sich, wie man an dem oberen und unteren Gliede *(b)* desselben Haares sieht, ebenso an ganz anderen Stellen der Zellen, fern von den Kernen, und stehen auch da, wo sie sich zuweilen über den Kernen bilden, mit diesen selbst nicht in Berührung, da der Kern im Innern der Zellenblase liegt, um welche sich die Ströme bewegen. Diese sternförmigen Anastomosen der Ströme bilden sich daher ebenso auf denjenigen Zellen, die gar keine Kerne enthalten, wie wir dergleichen bei ***Sicyos angulata*** schon beschrieben haben. Die Bildung und Auflösung dieser sternförmigen Anastomosen hängt mehr mit der periodischen Contraction und Expansion der Gefässcanäle an verschiedenen Stellen zusammen, wodurch der Saft nach verschiedenen Richtungen hin andrängt oder angezogen wird.

Unterschied zwischen Zellen und Schlauchgewebe.

§ 109.

Nach Analogie der, nur bei den Homorganischen sich findenden Abgeschlossenheit der Lebensthätigkeiten in den zellenförmigen Schläuchen, welche aber in den wahren Zellen heterorganischer Pflanzen nicht mehr vorhanden ist, hat man in neuerer Zeit zu einseitig das Princip aller organischen Entwickelung auf eine Zellenmetamorphose zurückführen wollen.

Wrisberg ***(Observ. de animalculis infusoriis, p. 20, 24, 25)*** und O. Müller ***(Vermium terrestrium et fluviatilium hist. Vol. I. p. 20, 21 sq.)*** machten nach dem Vorgange von Needham ***(Nouvelles observations microscopiques, p. 219)*** die Zusammensetzung der organischen Substanz aus Blasen an der Structur der Infusionsthiere und Polypen zuerst geltend, und C. F. Wolff's Theorie der Generation

suchte ganz allgemein den Satz zu begründen, dass die Urbildung aller organischen Keime in einer Vereinigung ursprünglich getrennter Bläschen bestehe *(Theoria generationis. Ed. nova. p. 2, 3, 16, 93)*. Treviranus folgte dieser Ansicht und nahm an, dass diese Bläschen bei den niederen Organismen, wie den Polypen, beständig sichtbar bleiben, dass sich aber bei den übrigen Pflanzen und Thieren Fibern und Gefässe aus den ursprünglichen Blasen bilden (Biologie oder Philosophie der lebenden Natur. 3. Bd. S. 234). Turpin wandte die Morphologie der äusseren Pflanzenglieder auf die Entwickelung der inneren Pflanzenorgane an, und betrachtete jede Zellenblase als einen Keimapparat, woraus sich der ganze Organismus wieder entwickeln könne. Die Entwickelung der Zwiebelbrut auf den Blättern der Liliaceen veranlasste ihn, diese Entwickelung mit der Sporenbildung in den zellenförmigen Schläuchen der Algen und Pilze zu vergleichen, und so sah er auch jede Zelle der heterorganischen Pflanzen als ein selbstständiges Fortpflanzungsorgan an, aus dem durch blosse Formveränderungen (Metamorphosen) neue Individuen entstehen könnten. Er nannte die Pflanzenzellen Mutterblasen, dem Uterus entsprechend, und ihren körnigen Inhalt an Stärkmehl, Chlorophyll, Zellenkernen u. s. w. Globuline oder Saamenkeime, und glaubte nachzuweisen, dass alle Knospen, Zwiebeln und sonstige Keime sich aus dem körnigen Zelleninhalt entwickeln, indem sich ein aus Blasen zusammengesetztes Gewebe bilde, das von einer allgemeinen Hautblase, der Epidermis, eingeschlossen werde *(Mém. du Muséum. 1829. Annales de la soc. d'horticulture de Paris. T. IV. 1829)*. Auf die thierische Organisation haben dann Valentin und Schwann von Neuem, im Sinne von C. F. Wolff, die Morphologie der Zellenentwickelung angewendet, deren Betrachtung uns jedoch hier vom Ziele abführen würde. Was aber die Pflanzenorganisation anlangt, so müssen wir hier die homorganische und die heterorganische Organisation ganz unterschei-

den. Bei den homorganischen Pflanzen ist allerdings das Gewebe aus identischen Blasen, welche wir zum Unterschiede von den Zellen der heterorganischen Pflanzen Schläuche genannt haben, zusammengesetzt (Natur der lebendigen Pflanze. 1. Thl. S. 397. 2. Thl. S. 502). In jedem solcher Schläuche wiederholen sich alle Functionen der ganzen Pflanze, und daher ist schon ursprünglich jeder Schlauch dem Ganzen gleich und hat eine individuelle Natur (a. a. O. 1. Thl. S. 378). Diess verhält sich aber ganz anders bei den heterorganischen Pflanzen, wo von dem Gegensatz ursprünglich differenter Organe die verschiedenen Functionen verrichtet werden. Hier ist nicht jede Zelle die Einheit aller Functionen, sondern das Zellgewebe macht nur einen Theil (ein Organ) des Ganzen aus, zu dem noch die beiden Gefässsysteme gehören, und somit haben auch die einzelnen Zellen für sich nicht die reproductive Kraft homorganischer Schläuche. Man sieht also, wie es hier nicht auf äussere Analogieen der Form von Zellen und Schläuchen ankommt, sondern auf die Erkenntniss der inneren Differenz ihres Lebens- und Entwickelungsprincips. Darnach sind die wahren Zellen durchaus nicht das Princip organischer Entwickelung überhaupt, sondern es gehören ausser den Zellen sogleich die übrigen inneren Differenzen der Organisation dazu, in deren Einheit erst das Ganze besteht. Es ist daher ein ganz verfehltes Bemühen, den Bau aller anderen Organe bei den Pflanzen (die Gefässe z. B.) auf Zellen zurückführen zu wollen, da diese sich von Anfang der Entwickelung an im Gegensatze mit ihnen befinden, und sich um so weiter von ihnen entfernen, je mehr sie sich vollenden. Durch solche morphologische Analogieen der äusseren Gestalt, die sich allerdings häufig auf gewissen Entwickelungsstufen zwischen Gefässen und Zellen finden, ist schon selbst morphologisch nicht viel gewonnen, weil die Formähnlichkeiten durchaus nicht allgemein sind. Physiologisch bleiben sie einseitig, weil das Lebensprincip nicht nur in Formentwickelung, sondern in der qualitativen Natur

der Functionen liegt, die bei den morphologischen Analogieen gar nicht zur Sprache kommen. Gerade aber die wahre Natur der Functionen zeigt, dass die äusseren Formähnlichkeiten durchaus nur scheinbar sind, indem sich die höchsten Gegensätze der Functionen in solchen Organen (Gefässen und Zellen) finden, die man morphologisch vergleichen möchte. Alle diese Gegensätze sind aber in der Keimsubstanz (dem Cambium) schon dem Princip nach vorhanden, und jeder Schritt in der Entwickelung lässt sie mehr hervortreten, so dass man mehr die Differenzen als die Analogieen aufzusuchen hat. Die Zellen der heterorganischen Pflanzen sind also nicht individuell, mit abgeschlossenem Lebenskreis, wie die Schläuche der homorganischen; sie können daher für sich auch nicht keimen, wie Turpin glaubte, sondern die Knospen und Zwiebelkeime treiben entweder aus ursprünglichen Knoten der Pflanzenglieder hervor, worin sich unter Mitwirkung aller Organe Keimsubstanz ablagert, oder dergleichen Knoten bilden sich secundär (in Blattachseln, in Blattrippen), wie bei'm Wurzeltreiben der Stecklinge. Man wird sich hierdurch noch mehr von der Unrichtigkeit des Vergleichs der Cyklose im Zellgewebe mit der Rotation überzeugen.

3. Stärke und Schnelligkeit der Strömungen.

§ 110.

Die Geschwindigkeit der Strömung ist in den feineren Stromnetzen der Zellen im Ganzen viel langsamer, als die Bewegung in den expandirten Gefässen des Heerdes sowohl, als auch der Nebenblätter, Kelchblätter, selbst den Fruchtklappen bei'm Schöllkraut, so lange nämlich diese Theile ihre höchste Lebensfrische haben. Doch zeigen sich in den feineren Strömen selbst wieder sehr viele gradweise Verschiedenheiten und Uebergänge. Langsam finde ich die Ströme in fleischigen, langsam vegetirenden Zellgeweben der Liliaceen. Auch in den Haaren dieser Pflanzen sind die Ströme nicht merklich schneller.

Dagegen ist die Bewegung des milchigen Lebenssaftes in den feinen Stromnetzen der Haare bei den Campanulaceen sehr rapide, besonders wenn die Pflanzen, von denen die Haare genommen werden, bei feuchter und warmer Witterung sich in recht kräftiger Vegetation befinden. Ist es trocken, so hält sich die Bewegung länger bei kühler, als bei warmer Luft. So wie die Pflanzen im geringsten anfangen zu welken, hört die Bewegung ganz auf. Am längsten hält sich aber hier die Bewegung in denjenigen Pflanzen mit fleischigem, langsam vegetirenden Zellgewebe, in welchen die Bewegungen von Hause aus nur langsam waren; wogegen die schnellen Ströme in den Haaren der Campanulaceen bei beginnendem Welkwerden auch sehr schnell ganz aufhören.

Jahreszeit, Witterung und die Vegetationsperioden der Pflanzen haben einen grossen Einfluss auf die Kraft und Schnelligkeit der Strömungen des Lebenssaftes. In ganz jungen keimenden Pflanzentheilen hat die Bewegung sehr wenig Kraft, und sie erhält sich daher in den eben aus der Knospe brechenden Blättern der Feigenbäume, des Maulbeerbaumes, in den jungen Sallatblättern, nach der Absonderung der Pflanze nur kurze Zeit. Aehnlich ist es mit den aus dem Saamen aufkeimenden jungen Pflänzchen, z. B. bei ***Cichorium Intybus, Campanula rapunculoides.*** Auch in den gebleichten, im Finstern aufwachsenden Blättern, den Endivien, ist die Bewegung nur von kurzer Dauer und überhaupt sehr unmerklich.

Kräftiger und schneller wird die Bewegung in der mehr ausgebildeten Pflanze kurz vor und während des Blühens. Sie dauert hier in getrennten Pflanzentheilen viel längere Zeit fort, und man sieht mehr die auf- und absteigenden Ströme in ihrer netzförmigen Verbindung bleiben, während bei geschwächter Vegetation oft nur einzelne Ströme sich noch fortbewegen, nachdem die Mehrzahl schon still steht.

Feuchte Luft und Regenwetter begünstigen die Schnelligkeit der Cyklose ausserordentlich; bei trockener Luft wird dagegen die Strömung sehr träge. Oft reichen wenige Stunden feuchter Lufteinwirkung hin, die Bewegung wieder zu beleben. Als ich im Herbste 1839 bei sehr trockener Witterung, um die Cyklose in den Campanulaarten zu zeigen, diese Pflanzen im botanischen Garten zu Paris prüfte, fand ich durchaus keine Bewegung. Man liess hierauf die sämmtlichen Pflanzen etwas mit Wasser besprengen und dann mit Glashäuschen bedecken, so dass die Luft um die Pflanzen feucht erhalten wurde, und in 5—6 Stunden stellte sich die kräftigste Bewegung in allen Theilen ein. Schon die feuchtere Abendluft und die Morgenluft reichen bei sonst trockener Witterung hin, die Bewegungen in's Spiel zu setzen, und während es mir in der trockenen Mittagswärme nicht gelingen wollte, in London die Bewegungen zu zeigen, sahen wir in den des Abends und Morgens gemachten Versuchen die Bewegung auf's deutlichste.

Nach der Blüthe nimmt die Schnelligkeit der Strömungen in den Blättern und Stengeln sehr ab. Sie erhält sich aber kräftig bis fast zur Reife in den Früchten, wie man an den Feigen und an den Schoten des Schöllkrauts vorzüglich schön sieht. Bei den Sommergewächsen, z. B. dem Mohn ***(Papaver somniferum)***, ist die Abnahme der Bewegung in den Blättern nach der Blüthe am auffallendsten.

Bei Bäumen und perennirenden Pflanzen ist nach vollendetem Ausbruche der Blätter im Frühlinge die Cyklose am lebhaftesten. Man sieht Ende Mai und Anfangs Juni, während der Cambiumbildung, die Strömungen in den Rindenschichten von ***Acer platanoides*** und ***Morus alba*** in grosser Lebhaftigkeit. Im Spätsommer nimmt hier die Bewegung sehr ab, ohne jedoch ganz aufzuhören. Auch im Winter, so lange milde Witterung ist, hört die Bewegung nicht auf, aber sie wird sehr langsam und zieht sich mehr in die Wurzeln zurück. In den

Wurzeln der Doldenpflanzen, z.B. ***Angelica Archangelica, Imperatoria Ostruthium,*** ferner in den Wurzeln der ***Rhus***-Arten, der Maulbeerbäume, sieht man die Strömungen im Winter sehr gut.

Ein gänzliches Aufhören der Cyklose hat aber während gewisser, besonders periodischer Zeiten, durchaus nicht ein gänzliches Absterben zur Folge, sondern die Pflanzen können sich ohne alle innere Bewegung, besonders bei kühler Temperatur, lange in einem lethargischen Zustande erhalten, am meisten die fleischigen, lederartigen Pflanzentheile und die Wurzeln und Saamen. Die Bewegung des Lebenssaftes in solchen Pflanzentheilen erscheint mit der Erneuerung ihrer Gesammtvegetation wieder. Bei welken Blättern kann man durch blosses Befeuchten mit Wasser häufig die Cyklose wieder hervorrufen. Die Lebensfähigkeit dauert so lange, als der ruhende Lebenssaft sich im ungeronnenen Zustande in den Gefässen befindet; gerinnt aber der Lebenssaft, z. B. durch heftigen Frost, so stirbt der Pflanzentheil ab.

4. Die bewegende Kraft in der Cyklose.

§ 111.

Wir müssen hier sehr wohl die erregende Einwirkung der äusseren Lebensbedingungen: des Lichtes, der Luft und des Wassers, von der organischen Kraft der Lebensbewegung selbst unterscheiden. Amici und Dutrochet hatten behauptet, die Wärme und das Sonnenlicht bringen die Bewegung hervor, worauf v. Mirbel bereits bemerkte, dass Amici die Sache mit den theoretischen Augen eines Physikers angesehen habe, ohne die Beobachtungen in der Natur gehörig zu verfolgen. Licht und Wärme haben keine unmittelbare Wirkung auf die Saftströme, im Gegentheil sieht man bei trüber und kühler Witterung im Sommer die Strömungen am lebhaftesten. Licht und Wärme wirken aber, wie auf die Vegetation im Ganzen, so auch auf die Cyklose als erregende Lebensbedingungen, und besonders hat

das Licht bei den Pflanzen durch seine Einwirkung auf den Respirationsprocess und die Desoxydation des Holzsaftes einen weit grösseren Einfluss auf das Pflanzenleben, als auf das Leben der Thiere. Dieses Verhältniss ist wohl zu beachten, weil daraus hervorgeht, dass Licht und Wärme nicht ohne Wirkung auf die Cyklose sind, dass sie aber nicht die unmittelbaren Triebfedern der Bewegung selbst enthalten.

Die bewegende Kraft ist vielmehr durchaus organischer Natur und beruht auf einem innern Process der Selbsterregung. Sie ist daher kein einfaches, hinter der Erscheinung liegendes Agens, sondern zusammengesetzt, wie alle organischen Kräfte, aus der lebendigen Wechselwirkung organischer Bestandtheile. Es ist ein organischer Erregungsprocess, der näher zergliedert werden muss, um die Kraft, als ihr Product, zu verstehen. Alles daher, was den Erregungsprocess erhöht oder vermindert, wird auch die bewegende Kraft stärken oder schwächen. Die organischen Bestandtheile, welche hier in Wechselwirkung treten, sind: der Lebenssaft und die Lebenssaftgefässe, und in den gegenseitigen Verhältnissen und der Wechselwirkung beider ist daher allein die bewegende Kraft der Cyklose begründet.

1) Die Lebenssaftgefässe wirken durch ihre organische Contractilität. Wir haben gesehen, dass die Haupteigenschaften dieser Gefässe sich auf die Entwickelungsstufen der Contraction beziehen, und dass sie mit dem Aufhören der Contractilität auch absterben. Diese Lebensthätigkeit kann nicht ohne Wirkung auf die Saftbewegung sein. Bei Beobachtung der Cyklose an lebenden Pflanzentheilen erkennt man mit der stellenweisen Ausdehnung der Gefässe auch eine Verlangsamung der Ströme, und mit der allmälig nachfolgenden Verengerung auch eine beschleunigte Strömung. Diess geht so weit, dass bei zufälliger Verwundung eines Gefässes, oder bei'm Querdurchschnitt derselben in einer Rindenlamelle von ***Acer platanoides,*** in einer Stipula von ***Ficus elastica,*** oder einer Schotenklappe von ***Cheli-***

donium maius, durch die starke Contraction der Gefässe, wie bei Blutungen thierischer Theile, der Saft mit Gewalt hervorgestossen wird, wobei sich die Gefässe mit der Entleerung des Saftes fast bis zum Verschwinden ihres Lumens zusammenziehen. Man sieht hieran, dass die Gefässe durch ihre Contraction sich in einer beständigen Spannung gegen den Lebenssaft befinden, und ihn mit Gewalt dahin auspressen, wo der Widerstand am geringsten ist.

Der Grad dieser Wirkung ist aber verschieden in den verschiedenen Entwickelungsstufen der Lebenssaftgefässe. Am stärksten zeigt er sich bei den contrahirten jüngeren Formen, die sich einerseits bis auf das Drei- und Vierfache ihres contrahirten Volumens ausdehnen, und dann wieder bis zum Verschliessen ihrer Mündungen zusammenziehen können, was man an den feinen Strömen in den Haaren von ***Sicyos angulata*** und ***Campanula rapunculoides*** so auffallend erkennt. Die expandirten Gefässe können nur eine geringere Kraft auf die Fortbewegung des Saftes ausüben, weil sie sich nicht mehr so vollständig und nur langsamer zusammenziehen können. Nachdem sie also bei Verwundungen einen Theil ihres Saftes entleert haben, stockt der Ueberrest und nur durch die folgende allmälige Contraction kann eine langsame Weiterbewegung bewirkt werden.

Die articulirten Lebenssaftgefässe endlich sind dem Rückengefäss der Insecten zu vergleichen, weil in ihnen nach dem Obliteriren der Anastomosen und bei der starrgewordenen Expansion die bewegende Kraft nach und nach gänzlich erlischt. Der Saft wird sich hiernach unter übrigens gleichen Verhältnissen schneller in den contrahirten als in den expandirten Gefässen bewegen und die Bewegung wird in den articulirten allmälig erlöschen. Doch scheint bei den contrahirten Gefässen selbst der Unterschied zu sein, dass sie in der frühesten Jugend ihrer Entwickelung noch weniger contractile Energie besitzen, und also erst späterhin die volle Spannung und Einwirkung auf die Saftströme gewinnen.

2) Der Lebenssaft hat aber ebenfalls grossen Antheil an der Cyklose, und vorzüglich wird die Richtung der Ströme durch ihn bestimmt. Wir haben oben gesehen, wie constant diese Richtung in den neben einander auf- und absteigenden Strömen ist, und dass die Contractionen der Gefässe deshalb keinen Einfluss hierauf haben, weil bei Verletzungen die Richtung des von der geöffneten Stelle aufsteigenden Stromes nicht geändert wird, die Gefässcontraction also den einmal aufwärts gerichteten Saftstrom nicht rückwärts nach der geöffneten Gefässstelle austreiben kann. Es findet daher eine andere Anziehung des Saftes nach bestimmten Richtungen hin statt, die von der Gefässcontraction unabhängig ist, obgleich, wenn einmal die Richtung bestimmt ist, die Gefässcontractionen mit voller Wirkung die Strömung befördern. Die lebendige Anziehung des Saftes wird durch das Saftplasma bewirkt, wodurch sich der Saft selbst in den Gefässen weiter treibt. Die Kügelchen haben, ähnlich wie auch die Lymphkügelchen und die Blutbläschen, keinerlei bewegende Kraft, sondern werden nur mechanisch mit dem Saftplasma fortgetrieben. Die grosse Masse der wachsfetthaltigen Kügelchen scheint besonders bei milchigen Lebenssäften die Gefässe in einen übermässigen Grad von Ausdehnung zu versetzen, wobei sich ihre Wandungen so sehr verdünnen, dass die Contraction derselben sehr abnimmt, daher mit dem starken Milchigwerden des Lebenssaftes Stockungen der Bewegung eintreten, während die Gefässe strotzend mit Saft gefüllt sind. Der stark mit Kügelchen imprägnirte Saft in den strotzend expandirten Gefässen der Syngenesisten, der Feigenbäume, der Asclepiadeen, treibt daher auch bei Verletzungen der Gefässe nur mit geringer Kraft aus.

Je mehr dagegen in dem Lebenssafte die Kügelchenmasse abnimmt und das Saftplasma hervortritt, wie in den noch wenig getrübten Säften der jüngeren Pflanzen und Pflanzentheile, und je weniger

die Gefässe durch Ansammlung von Saftkügelchen mechanisch ausgespannt werden, wie dies bei den contrahirten Formen der Fall ist, desto stärker wird die bewegende Kraft. Diese liegt nun in dem organischen Erregungsprocess des Saftplasma, wodurch er seine plastische Natur erhält. Es ist die durch innere Anziehung und Abstossung erzeugte oscillatorische Bewegung des Plasma, die besonders bei einigen Pflanzen so deutlich sichtbar wird, und wovon wir oben gesprochen haben. Durch diese innere Bewegung wird das Saftplasma von den Gefässwänden angezogen oder repellirt, und der Ernährungsprocess wird hierdurch vermittelt, indem das Saftplasma in dieser organischen Wechselwirkung die Gefässwände durchdringt. Indem so bei der Ernährung und Bildung neuer Theile das Saftplasma in die Substanz der Organe dringt, werden die Gefässe theilweise entleert, und dadurch ist dann eine Anziehung der ganzen Saftströme nach der Gegend hin gegeben, wo durch den Bildungsprocess die grösste Menge Saftplasma verbraucht wird. Es äussert sich also eine organische Anziehung des Lebenssaftes im Ganzen nach gewissen bestimmten Richtungen hin, wodurch auch die bestimmte Richtung der auf- und absteigenden Ströme bewirkt wird.

Eine entgegengesetzte repellirende Wirkung scheint der Respirationsprocess, und die dadurch bewirkte Umbildung des Holzsaftes in Lebenssaft auf die Bewegung des letzteren zu haben. Durch diese Umbildung ist nämlich zugleich gegeben, dass die Lebenssaftgefässe der Blätter und blattartigen Organe, in denen die Respiration geschieht, sich stärker mit dem in sie eindringenden veränderten Holzsaft anfüllen, wodurch sie angespannt werden, und nun durch Contraction eine rückstossende Wirkung auf den Saft ausüben, die in dem Maasse fortschreitet, als sich von den Spiralgefässen aus die Lebenssaftgefässe mehr füllen. Daher findet von den blattartigen Organen aus eine überwiegend repellirende Wirkung auf den Saft statt, während bei der

Ernährung eine überwiegend attrahirende Wirkung sich zeigt. Diese, an zwei Extremen des Lebenssaftgefässsystems sich äussernden entgegengesetzten Wirkungen scheinen den wichtigsten Einfluss auf die Richtung der Saftströmungen zu haben.

§ 112.

Die gesammten bewegenden Kräfte des Lebenssaftes sind also organische, innere; äussere mechanische Einflüsse gehören nicht nothwendig dazu, und wo sie vorhanden sind, da ist ihr Einfluss ein untergeordneter und durchaus nicht allgemein. Doch scheinen dergleichen mechanische mitwirkende Einflüsse nicht gänzlich zu fehlen, wie denn die mechanische Schwere des Saftes bei überfüllten Gefässen, und die äussere Bewegung, welche durch Hin- und Herbiegen die baumartigen Pflanzen besonders mittelst der Winde erfahren, nicht ohne Wirkung auf die Saftbewegung zu sein scheinen. Die Schwere des stagnirenden Saftes kann wenigstens eine allmälige Einwirkung auf die überwiegend absteigende Bewegung der Ströme haben, wodurch, ungeachtet des beständigen Auf- und Absteigens der Ströme in den Stromnetzen, dennoch die absteigende Bewegung das Uebergewicht erhält und der Saft sich mehr nach den Wurzeln hin dirigirt. Durch die Bewegung der Pflanzenstämme mittelst der Winde wird an einzelnen Stellen baumartiger Pflanzen ein stärkerer Saftzufluss und ein stärkerer Bildungsprocess erregt, als an anderen Stellen. Die Baumstämme werden in der Richtung des Windes gebogen, wodurch eine Anspannung der Rinde an der Seite, von wo der Wind kommt, und eine Erschlaffung auf der entgegengesetzten Seite geschieht. Ist diese Wirkung permanent, z. B. bei herrschenden Westwinden, so wird der Saft dadurch von der angespannten nach der erschlafften Seite der Rinde hingetrieben, er sammelt sich also auf der der Windrichtung entgegengesetzten Seite an, wodurch ein stärkerer Bildungs-

process auf dieser Seite hervortritt, und stärkere Holz- und Rindenschichten sich ansetzen, als auf der entgegengesetzten Seite. Geschicht jedoch die Wirkung des Windes nicht permanent in derselben Richtung, sondern wird der Baum in allen Richtungen hin- und hergeworfen, so wird diese Bewegung nur die Contraction und Expansion der Gefässe überhaupt unterstützen und eine beschleunigte Bewegung des Saftes nach dem Theil des Baumes erzeugen, der am meisten vom Winde gebogen wird. Diess ist der untere Theil des Stammes, welcher daher auch in Folge des verstärkten Zuflusses an Lebenssaft die stärksten neuen Jahresschichten bildet.

Alle diese mechanischen Einwirkungen vermögen jedoch ohne die organische erregende Kraft der Gefässe und des Plasma gar nichts, und nur unter der Bedingung des Vorhandenseins organischer Lebenserregung ist der Einfluss jener mechanischen Einwirkungen möglich. Daher hängt denn auch die Kraft der Lebenssaftbewegung von der Energie der Vegetationskraft überhaupt ab und schwach vegetirende, lebensmatte Pflanzen können durch keinerlei mechanische oder andere äussere Einwirkungen eine beschleunigte Säftebewegung erhalten, was nur durch Verstärkung der inneren Lebenserregung möglich ist. Auch die galvanischen Actionen, wie das galvanische Durchschwitzen der Flüssigkeiten durch Membrane, die sogenannte Endosmose, sind ohne allen Einfluss auf die organische Kraft der Lebenssaftbewegung. Solche galvanische Wirkungen setzen erstens einen fertigen Bau von Organen voraus, die sich erst mit Hülfe der Cyklose selbst bilden, so dass die Cyklose früher da ist, als die Bedingungen des galvanischen Durchschwitzens, dann aber passen die organischen Eigenschaften des Lebenssaftes nicht zu den galvanischen Wirkungen des Durchschwitzens; Eigenschaften, welche sich durch die stufenweise Assimilation entwickeln, die der galvanischen Thätigkeit gerade entgegengesetzt ist. Endlich finden die Erscheinungen des galvani-

schen Durchschwitzens an allen abgestorbenen Pflanzen und Pflanzentheilen statt, ohne dass dadurch eine Spur von Lebensthätigkeit in ihnen hervorgerufen wurde.

Die Kraft der Cyklose steht vielmehr in geradem Verhältniss zur Energie der Vegetation in den verschiedenen Perioden der Entwickelung der Pflanze. Wo und wann der Lebenstrieb am grössten ist, da tritt auch die Cyklose am stärksten hervor, und die organischen Eigenschaften des Lebenssaftes und der Gefässe folgen dem organischen Entwickelungsprincip der Pflanze überhaupt durch alle Lebensperioden der verschiedenen Pflanzentheile. Galvanische und mechanische Ursachen aber wirken gleichförmig, nicht periodisch; sie können nicht absterben, weil sie kein organisches Leben haben, und wenn sie die Ursache von Lebensbewegungen wären, so müssten diese ewig und unveränderlich sein; es würde keinen Tod der Pflanze geben. Es sind also allein organische Ursachen, welche die Lebensbewegung der Cyklose hervorbringen, deren Erregung freilich, wie das Leben überhaupt, durch äussere Lebensbedingungen unterstützt und verändert werden kann.

5. Die Cyklose im Ganzen betrachtet.

a. Zusammenhang durch alle Theile der Pflanzen.

§ 113.

Durch die Kreisbewegungen des Lebenssaftes in den Stromnetzen und deren Anastomosen untereinander findet eine gleichförmige Vertheilung und Verbreitung des Lebenssaftes durch alle Pflanzentheile statt. Diese Stromnetze sind im Wesentlichen in allen Theilen vollkommen untereinander ähnlich, und es tritt der Gegensatz von Peripherie und Centrum, der in der thierischen Circulation herrschend ist, bei den Pflanzen gar nicht hervor; auch nicht in der Bildung wahrer Stämme, worin sich mehrere Stromzweige vereinigen. Vielmehr

gehören die grösseren Lebenssaftgefässe und Stämme immer anderen seitlichen Netzschichten an, als die feineren, und jede Schicht bildet immer in sich zusammenhängende Netze, die in den entsprechenden Schichten des Stammes von oben bis unten durchgehen. Die Cyklose ist also eine veniperipherische Kreisströmung durch Gefässnetze, die wesentlich in allen Theilen der Pflanze untereinander gleich sind, und durch welche eine gleichförmige Verbreitung der Saftmasse in alle möglichen Richtungen zugleich stattfindet.

Indessen ist es möglich, dass in einzelnen Theilen die Stromnetze die Function von Gefässstämmen dadurch annehmen, dass durch eine gleichförmige Ausdehnung aller Gefässe des Netzes sich eine grössere Menge Saft in denselben ansammelt, der dann nach anderen Richtungen wieder in feinere Stromnetze ausgetrieben werden kann. In diesem Falle geschieht auch eine Vermengung des aus verschiedenen Theilen den erweiterten Stromnetzen zufliessenden Saftes, ähnlich wie in den Gefässstämmen der Thiere, ohne dass bloss ein Gefäss die gesammte Saftmasse umfasste. Diese stammähnliche Erweiterung der Stromnetze findet sich besonders in den Heerden der Cyklose, den Gefässbündeln und Rindenschichten, welche dadurch die Function von Centralorganen mit übernehmen, ohne wahre Centralorgane zu sein. Diess ist der wahre Begriff des Heerdes der Cyklose. Diese Heerdbildung ist aber keineswegs auf einen Punct concentrirt, sondern erreicht eine grosse Ausdehnung durch alle äusseren Pflanzenglieder, so dass in jedem derselben der darin vorhandene Theil des Heerdes die Function eines Centralorgans übernehmen kann, indem die Gefässe desselben sich stark erweitern, so dass eine grössere Ansammlung von Lebenssaft in ihnen bewirkt wird. Daher verlieren aber die Gefässe in dem Heerde die Function der peripherischen Gefässe nicht, und die Verbreitung der Saftmasse findet hier wie überall durch sie statt.

§ 114.

Die zerstreuten Stromnetze, welche sich vom Heerde aus in das Parenchym der Organe verbreiten, haben in Bezug auf den Heerd die Function der peripherischen Gefässe.

Von den Heerden aus nimmt die Cyklose eine zwiefache Richtung. Die eine wollen wir die strahlenförmige nennen.

Sie geht vom Heerde aus gegen die Axe und gegen die Peripherie, zur Ernähruug der Axen und Umfangstheile der Pflanzenglieder, weshalb man auch die in doppelter Richtung vom Heerde abgehenden Gefässnetze bei den fleischigen Euphorbien noch ganz im Zusammenhange herauspräpariren kann. In den jüngeren Trieben mit lebensfrischem Mark ist die Axenrichtung überwiegend, daher das junge Mark reich an Lebenssaft ist. In älteren Trieben geht mit der Entwickelung des strahlenförmigen Wachsthums die Richtung mehr nach dem Umfange der Rinde, daher diese sich nun mehr ausbildet. Derselbe Gegensatz, wie zwischen den jungen und älteren Trieben, wiederholt sich bei den synorganischen und dichorganischen Pflanzen. Bei den synorganischen Pflanzen bleibt immer die Axe des Stammes überwiegend lebenskräftig, und von hier gehen daher alle Productionen aus und das Axenzellgewebe stirbt nicht so leicht ab. Bei den dichorganischen Pflanzen aber stirbt das Mark sehr bald ab, und die Richtung der Cyklose geht mehr gegen die Peripherie und ist auf die strahlenförmige Entwickelung der Theile gerichtet. Daher gewinnt denn oft das Gefässsystem das Ansehen einer von den Bündeln aus gegen die Peripherie gehenden Ramification. Hier kann zwischen dem Heerde und den peripherisch verbreiteten Gefässen ein Gegensatz entstehen, wodurch der Saft aus dem Heerde in das Parenchym geleitet wird und der Heerd zum Theil obliterirt. Diess findet sich besonders bei den fleischigen Gewächsen, bei denen die Cyklose sich mehr auf peripherische Verbreitung der Ströme wirft.

Die andere Richtung der Cyklose in dem Heerde wollen wir die lineare nennen. Sie geht in der Richtung von oben nach unten und von unten nach oben, und entspricht der in entgegengesetzter Richtung stattfindenden Wurzel- und Blattbildung. In die Sphäre dieser Direction fällt das Absteigen des Saftes von den Blättern nach der Wurzel hin. Bei Beschreibung der entgegengesetzten Ströme und deren Anastomosen haben wir gesehen, dass, wenn die aufsteigenden Ströme der Netze stärkere Seitenanastomosen in die absteigenden Ströme abgeben, sich der Saft allmälig aus den oberen Stromkreisen in untere entleert, und der ganze Saft dadurch eine überwiegend absteigende Richtung nimmt, ohne dass ein ununterbrochenes directes Absteigen stattfände. So kann nun in gewissen Perioden die absteigende Bewegung des Saftes überwiegen, und der Saft sich dadurch mehr in die unteren Theile verbreiten. Bei den Bäumen und den perennirenden Gewächsen geschieht dieses vorzüglich im Laufe des Sommers und gegen den Herbst, wo die Wurzelbildung mehr begünstigt wird. Dass in keinem dieser Fälle der Saft eine allein und continuirlich absteigende Richtung nehme, wie man früher glaubte, zeigen nicht nur die directen Beobachtungen der Cyklose in den Heerden, sondern auch die indirecten Beobachtungen über die Wirkung kreisförmiger Rindenausschnitte bei Bäumen, nach welchen sich überall, wenn gleich kleinere, Wülste an den unteren Wundrändern so gut als an den oberen bilden.

So wie nun aber in gewissen Perioden die Richtung der Cyklose mehr absteigend ist, ist in anderen Perioden wieder das Aufsteigen der Lebenssaftmasse überwiegend. Diess geschieht besonders im Frühling bei'm Ausbruch der Blätter und ersten Triebe. Entweder hat sich hier aus der früheren Periode der Beblätterung in dem Heerde des Systems eine grössere Saftmasse angesammelt, die mit der Anziehung des Lebenssaftes durch den rege werdenden Bildungsprocess in

den oberen Theilen ihre Richtung nach diesen hin nimmt, wie es in den Bäumen sich findet; oder es beginnt in den fleischigen und knolligen Wurzeltheilen, wie auch bei'm Keimen der Saamen, durch Colliquation des Stärkemehles oder Fettes, eine vermehrte Lebenssafterzeugung, und der hier gebildete Lebenssaft nimmt dann sogleich eine mehr aufsteigende Richtung der Bewegung, in dem Maasse, als sich junge Triebe aus den wurzelartigen Bildungen entwickeln. Aber auch hier ist keine einfach aufsteigende Bewegung, sondern Strömung in entgegengesetzten Richtungen nach unten und nach oben, von denen nur die in die Höhe gehende überwiegt. In diesen Fällen zeigt sich eine Repulsion des Lebenssaftes von den unterirdischen Theilen nach oben hin, und eine Attraction des Saftes durch die oberen Triebe, dagegen findet umgekehrt im Laufe des Sommers eine Repulsion des Saftes von den Blättern aus in den Stamm, und eine Attraction desselben von den unteren wurzelartigen Bildungen statt. Zwischen diesen beiden attrahirenden und repellirenden Extremen fluthet nun der Lebenssaft in den kleineren Kreisen der netzförmigen Ströme, und wiederholt in jedem Kreise durch das Auf- und Absteigen dieselbe Attraction und Repulsion in entgegengesetzten Richtungen.

Soll die Bewegung zwischen beiden Extremen gleichmässig fortschreiten, so müssen sich Attraction in dem einen und Repulsion in dem anderen Systeme das Gleichgewicht halten. Diess ist aber selten der Fall, sondern es überwiegt entweder die Repulsion oder die Attraction in einem der Extreme. Während des Sommers überwiegt die Repulsion des Saftes von den Blättern die Attraction von den Wurzeln, daher wird der Saft aus dem Heerde der Rinde nicht entleert und sammelt sich hier an, wodurch der grössere Saftreichthum der Rinde entsteht, in welcher nun der Lebenssaft in andere Bildungen durchbricht. Im Herbste überwiegt die Attraction in der Wurzel die Repulsion in den Blättern und nun wird der Lebenssaft aus

dem Heerde der Rinde des Stammes überwiegend entleert, und die Bildungen nehmen hier ein Ende.

b. Isolirung der Cyklose in einzelnen Theilen der Pflanze.

§ 115.

Durch die rein peripherische Natur der Kreisströmungen in den Gefässnetzen wird jeder Theil dem Ganzen gleich, und das Ganze ist eine blosse Wiederholung immer und ewig derselben Stromkreise. Der Zusammenhang aller, durch alle Glieder der Pflanze, ist nicht so innerlich nothwendig, wie in der thierischen Circulation, wo alle einzelnen Theile des Circulationssystems durch einen Centralpunct, das Herz, zu einem höheren Ganzen vereinigt, und somit alle Theile von dem Ganzen abhängig sind. Vielmehr ist der Zusammenhang der Cyklose in allen Theilen der Pflanze mehr äusserlich und zufällig, und jeder Theil der Stromnetze kann sich in sich abschliessen und ebenso selbstständig fortleben, wie im Zusammenhange des Ganzen. In diesem Betracht entspricht die Natur der Cyklose der äusseren Gliederung der Pflanze selbst, deren Glieder ebenso vom Ganzen isolirt werden und selbstständig fortleben können. Innere und äussere Organisation der Pflanze haben dasselbe allgemeine Wesen, nämlich einen rein peripherischen Lebenskreis.

Hierin ist zunächst die lange Fortdauer der Cyklose in abgesonderten Pflanzenstücken, z. B. in Rindenlamellen, Längsschnitten von Stengeln und Blattstielen begründet. Es kömmt nur darauf an, dass in solchen Schnitten einige auf- und absteigende Ströme in Integrität erhalten werden, und nicht durch die Verwundungen sogleich aus allen Gefässen der Saft ausfliesst. Je weniger der Zusammenhang einzelner Stromnetze zerstört ist, desto länger erhält sich die Bewegung in solchen getrennten Theilen. Wo man also mit den geringsten Verletzungen die Trennung bewirken kann, z. B. bei'm Spalten der

Stipulae von ***Ficus elastica*** in zwei Platten, da erhält sich die Bewegung am längsten.

Ferner sehen wir, dass in der Natur selbst häufig eine Abgliederung noch lebender Pflanzentheile geschieht, z. B. bei'm Abfallen der grünen Kelchblätter der Papaveraceen, Alismaceen, der Schotenklappen vom Schöllkraut. In diesen Theilen gliedern sich auch die Gefässnetze ab, ihre Mündungen verschliessen sich an den Insertionspuncten der Blatttheile ganz, und nun dauert in den so isolirten Stromnetzen, unabhängig vom Ganzen, die Bewegung fort. Ueberall wird die Abgliederung durch die Knoten der Pflanzenglieder begünstigt, weil an den Knoten die Wiederholung der Gliederbildung beginnt, und die Glieder im Ganzen sich hier am leichtesten ablösen, wie bei'm Abfallen der Früchte und der Blätter. Nach solcher Abgliederung kehren die Ströme der Cyklose einfach in sich um, wie z.B. an den Rändern der blattartigen Theile (Tab. XXX. Fig. **1**, **2**, *c.*).

Dergleichen natürliche Abgliederungen finden sich noch in den mannigfaltigsten Formen bei den Pflanzen, z.B. bei'm Wurzelschlagen einzelner abgesonderter Stengelglieder oder Blätter, wo sogleich der sich isolirende Theil dem Ganzen wieder gleich ist, und seine eigene, vom Ganzen abgeschlossene Cyklose behält. Wie schon jeder Stromkreis wieder in dem zusammengesetzten Netze etwas Abgeschlossenes hat, und nur im relativen Zusammenhange mit den übrigen durch die Anastomosen steht, so lässt sich an jeder Stelle dieser Zusammenhang, unbeschadet der Fortdauer des Lebens, unterbrechen.

Am grössten wird in der Natur die selbstständige Isolirung der Cyklose in den einzelnen Pflanzentheilen bei den fleischigen Blättern, den Knollen, Zwiebeln, ferner in stark vegetirenden epidermatischen Theilen, den Haaren, überhaupt da, wo der Heerd der Cyklose sich schon mehr oder weniger in zerstreute Ströme des Parenchym's aufgelöst hat. Hier werden die Gefässe viel feiner, die Maschen der

Stromnetze kleiner, so dass schon eine relative Isolirung sich auf einzelnen Zellen, besonders in den gegliederten Haaren, findet. In solchen Theilen sieht man daher die Cyklose nach der Absonderung am längsten fortdauern.

Mit dieser Isolirung der Cyklose in einzelnen Theilen und Stükken der Pflanze hängt nun das Fortleben und Wachsen aller getrennten Pflanzenstücke zusammen, indem die Production neuer Theile, wodurch diese Stücke von selbst wieder einwachsen, immer von der Fortdauer der Cyklose in ihnen bedingt wird, wie das Anheilen thierischer Hautstücke durch die Fortdauer der peripherischen Blutbewegung in derselben bedingt ist. Die erste Cambium- und Wulstbildung, wodurch das Pfropfreis auf den Stamm wächst, die erste Wurzelbildung bei Stecklingen und Ablegern, geht überall von der in dem isolirten Theile fortdauernden Cyklose aus, und wo diese gänzlich stockt, fasst auch keine neue Bildung Wurzel.

Man hat sich häufig von dem ungetrennten Zusammenhange der Cyklose und der ganzen Pflanze nach den älteren Circulationstheorieen eine ganz unrichtige Vorstellung gebildet, indem man voraussetzte, dass die aufsteigenden Ströme in ununterbrochener Richtung von der Wurzel der Bäume bis zu den Blättern aufsteigen, die absteigenden dagegen ebenso ununterbrochen von den Blättern bis zu den Wurzelspitzen fortgehen, und beide hier erst ineinander umkehren müssten. Dem ist in der Natur durchaus nicht so, wie die ganze Geschichte des Verlaufs der Stromnetze zeigt; vielmehr ist der äusseren relativen Selbstständigkeit der einzelnen Pflanzenglieder auch die relative Selbstständigkeit einzelner Stromnetze entsprechend. Wie die ganze Pflanze im Wesentlichen nur eine Wiederholung derselben sich völlig gleichen Glieder ist, deren Metamorphosen nur veränderte Formen derselben erzeugen, so entspricht diesem die ganze Cyklose in der Pflanze, welche auch nur eine Wiederholung derselben identischen Stromnetze ist.

6. Verhältniss der Cyklose zum Athmungsprocess.

§ 116.

Bei der identischen Natur des Lebenssaftes in allen Gefässen und der gleichen Beschaffenheit aller Stromnetze der ganzen Pflanze ist eine analoge Differenz, wie die des Arterien- und Venenblutes der Thiere, im Lebenssafte nicht vorhanden. Eine Resorption abgelebter Theile und eine Bildung excrementitieller Stoffe, wie sie durch die depurativen Secretionsorgane der Thiere ausgeschieden werden, zeigt sich bei den Pflanzen nicht, und bei'm Ernährungsprocess der Pflanzen wird der Lebenssaft nicht, wie das Venenblut der Thiere, mit Stoffen angeschwängert, welche durch Athmungsorgane ausgeschieden werden müssten. Vielmehr metamorphosirt sich die gesammte Stoffbildung des Lebenssaftes theils bei der Ernährung in die Substanz der Organe, theils bei der Secretion in die Stoffbildung der Secrete, die aber sämmtlich integrirende Theile der Pflanze bleiben; nicht wie bei den Thieren permanent ausgeleert werden. Die Secretionen der Pflanze haben zwar nur zum Theil eine plastische Natur, wie das Gummi, das Stärkemehl, das Fett, der Zucker; allein auch diejenigen, bei welchen eine mehr differente Stoffbildung hervortritt, wie bei den Balsamen, ätherischen Oelen, lagern sich oft im Innern der ganzen Pflanze ab, und werden nicht ausgeschieden.

Die ganze Substanz des Lebenssaftes, der einmal durch den Respirationsprocess gebildet ist, scheint von den Bildungen der Pflanze verbraucht zu werden, so dass nicht, wie bei'm Blute der Thiere, excrementitielle Theile übrig bleiben. Zudem ist der Athmungsprocess bei den Thieren von ganz anderer entgegengesetzter Natur, als bei den Pflanzen. Er beruht bei den Thieren auf Absorption von Sauerstoff und Ausscheidung von Kohlensäure, und bezieht sich hier nur zum Theil auf höhere Assimilation der Stoffe im Blute; zum Theil aber durch den Erregungsprocess im Nerven- und Muskelsysteme auf

die Gesammtheit der animalen Organe, welche bei den Pflanzen fehlen. Das vegetative Leben im Thiere dauert auch ohne die Gegenwart von Sauerstoff im Blute fort, und überwiegende Venosität wirkt direct nur auf die animalen Organe lähmend. Bei den Pflanzen beruht der Athmungsprocess auf der Oxydation des Holzsaftes durch Ausscheidung von Sauerstoff und bezieht sich allein auf die höhere Assimilation der Stoffe, ohne die reizende Beziehung auf die hier fehlenden animalen Organe. Der Lebenssaft ist daher nur plastisch, nicht reizend, das Blut der Thiere aber ist plastisch und reizend zugleich; daher fehlen jenem auch die wahren Respirationsblasen oder Blutblasen (vergl. C. H. Schultz, System der Circulation in seiner Entwickelung durch die Thierreiche. S. 358 f.). Mit diesem Unterschiede hängt es zusammen, dass der Lebenssaft der Pflanzen nicht, wie man sich vorgestellt hatte, aus dem Parenchym der Organe abermals zu den Blättern zurückfliesst, um zu respiriren, sondern sich durch die Cyklose allein in die verschiedenen Organe verbreitet, wie denn schon bei den Thieren niederer Ordnung mit lymphartigem Blute und ohne wahre Harzbildung sich ähnliche Verhältnisse finden.

Die Athmung der Pflanzen scheint auch die Umbildung des Holzsaftes in Lebenssaft nicht so mit einem Schlage zu vollenden, wie in der Lunge der Thiere Venenblut in Arterienblut umgebildet wird. Vielmehr dauert die Entwickelung der Kügelchen des Lebenssaftes noch in den Lebensgefässen selbst fort; daher denn die contrahirten Lebenssaftgefässe jüngerer Pflanzentheile oft noch sehr wenig entwickelte Kügelchen enthalten, so dass der Lebenssaft noch bleich, wenig milchig oder trübe ist, und später erst eine vermehrte Kügelchenbildung stattfindet. Auch die Fortdauer der Säure des Holzsaftes in dem Lebenssafte zeigt den langsamen Gang der Metamorphosen.

Dass übrigens die Blätter nicht alleinige Respirationsorgane der Pflanzen sind, sondern dieser Process auch in allen anderen Pflanzen-

theilen fortgesetzt werden kann, muss hierbei in Erinnerung gebracht werden.

7. Verhältniss der Cyklose zur Lehre vom Aufsteigen und Absteigen des Saftes.

§ 117.

Wir haben im zweiten Abschnitte des ersten Theils bereits die Widersprüche der Lehre vom auf- und absteigenden Safte mit den äusseren Erscheinungen des Pflanzenlebens überhaupt betrachtet. Nunmehr ist noch zu zeigen, inwiefern durch die Kenntniss der Cyklose jene Widersprüche gehoben, und eine Uebereinstimmung derselben mit den äusseren Erscheinungen des Wachsthums und der Bildungen vorhanden ist. Der Grund der Mangelhaftigkeit der Lehre vom Aufsteigen und Absteigen des Saftes lag vorzüglich in zweien Dingen, welche durch die Kenntniss der Cyklose beseitigt worden sind.

1) War jene Lehre nicht ein Ergebniss directer Naturbeobachtungen, sondern sie beruhte auf Folgerungen und Schlüssen aus äusseren Erscheinungen auf innere Vorgänge, ohne dass ein nothwendiges Verhältniss zwischen beiden vorhanden war, so dass die zum Grunde gelegten äusseren Erscheinungen (z. B. die Wulstbildungen, das Ausfliessen der Säfte) sämmtlich sehr wohl noch auf eine andere Art, als durch ein continuirliches Auf- und Absteigen des Saftes erklärlich waren; daher denn auch die vielen abweichenden Ansichten über den bestimmten Gang des Auf- und Absteigens entstanden sind, welche sämmtlich mit der Wirklichkeit des Lebensprocesses keinen nothwendigen Zusammenhang haben, weil sie nicht auf directer Anschauung des inneren Verlaufes der Thätigkeiten, sondern auf blossen Vermuthungen und Möglichkeiten beruhen.

2) Den Vorstellungen, welche man sich nach solchen Vermuthungen und Schlüssen über das Auf- und Absteigen des Saftes gebildet hatte, lag die Voraussetzung einer Analogie der pflanzlichen Säftebe-

wegung mit dem Mechanismus der centralen thierischen Circulation zum Grunde, so dass man die Lehre vom Auf- und Absteigen des Saftes mehr nach dieser Analogie künstlich gebildet, als nach vorurtheilsfreien Naturbeobachtungen entwickelt hat. Die Erscheinungen, aus denen man auf die Säftebewegung schloss, sind in den Rahmen der Idee eines in einem Kreise umfliessenden Fluidum's naturwidrig gefügt worden. Die Folgen dieser Unternehmung mussten der Natur des Pflanzenlebens um so widersprechender werden, je weniger naturgemäss die Harvey'sche Theorie von dem Mechanismus des directen Ueberfliessens des Arterienbluts in die Venen selbst bei den Thieren schon ist, und jemehr sie auch hier mit den organischen Erscheinungen des Bildungsprocesses in dem vollkommensten Widerspruche steht (vergl. C. H. Schultz, System der Circulation, durch die Thierreiche entwickelt. Stuttgart **1836. S. 253**). Die Anwendung dieser Analogie auf die Pflanzen war also doppelt verfehlt; einmal, weil die Theorie für die Thiere selbst schon einseitig und widernatürlich ist; dann aber, weil der thierische Organismus durch die Contractilität, welche alle Organe zu höherer Einheit verbindet, sich von der rein peripherischen und gegliederten Pflanzenorganisation gänzlich unterscheidet. Sonderbar genug hat man aber Dasjenige aus der thierischen Circulation, was gerade den Pflanzen fehlt, die Seite des centralen Zusammenhanges, als die Grundanalogie angesehen, nach welcher die Lehre vom auf- und absteigenden Safte zu einer Art Circulationstheorie gemodelt wurde. Denn wenn man gleich kein Herz annahm, so suchte man doch einen ungetrennten Zusammenhang der auf- und absteigenden Ströme zu einem grossen Kreise, der von den Wurzelspitzen bis zu den Blättern ununterbrochen sich hin- und herbewegen sollte. Daher denn die Annahme, dass der aufsteigende Saft ununterbrochen aufwärts, der absteigende Saft ununterbrochen abwärts gehen müsse; wobei man die relative Selbstständigkeit der

übereinander sich wiederholenden Glieder gänzlich aus den Augen liess, ungeachtet die entschiedensten Erscheinungen sich bemerkbar machen, nach denen jedes Glied seine eigene auf- und absteigende Bewegung haben muss, die den vorausgesetzten einen Kreis überall unterbricht.

Aus einer naturgemässen Verfolgung der Cyklose sehen wir nun, dass die Analogie der thierischen centralen Circulation bei den Pflanzen gar nicht vorhanden ist, und dass die unmittelbaren Beobachtungen der Cyklose nicht nach fremden Analogien, sondern selbstständig aus der eigenen Natur des Pflanzenlebens verstanden werden mussten, um sie in Uebereinstimmung mit den übrigen Functionen der Pflanze zu bringen. Die Cyklose entwickelt sich mehr im Gegensatze, als nach Analogie thierischer Circulation. Sie bildet das peripherische Element, aus dem die centrale thierische Circulation selbst sich erst herausbildet, und kann also nicht aus letzterem, sondern letzteres nur aus ihr verstanden werden; ihre eigene Genesis ist selbstständig, der Totalität der Pflanzenorganisation gemäss. Die Cyklose ist daher in beständiger Beziehung auf den Charakter des peripherischen Lebenskreises der ganzen Pflanze und auf die Isolirung des Pflanzenlebens in den einzelnen Gliedern von uns verfolgt worden, da der Zusammenhang der Glieder viel weniger innerlich als ihre Selbstständigkeit ist. Alle Erscheinungen der Cyklose stimmen damit überein, dass sie ihre Dienste den einzelnen Gliedern, wie dem Ganzen thut, und indem wir ihre Function verfolgen, ergibt sich, dass diese den Bildungsprocessen der Pflanze genau entspricht, und dass eine vollkommene Uebereinstimmung der äusseren Erscheinungen des Wachsthums und seiner Perioden mit den Zuständen und Verhältnissen der Cyklose vorhanden ist, welche den Lebensperioden der einzelnen Glieder folgt, und nicht gleichförmig in einem unzertrennlichen Zusammenhange durch die ganze Pflanze sich erstreckt, vielmehr ungeachtet des relati-

ven Zusammenhanges des Ganzen auch in jedem Gliede selbstständig thätig ist. Die auf- und absteigenden Strömungen sind durch netzförmig zusammenhängende Kreise überall unterbrochen, sie gehen und gehen nicht bloss in auf- und absteigender, sondern durch die seitlichen Verbindungen in strahlenförmiger Richtung von der Axe nach dem Umfange, und in concentrischer Richtung im Umfange selbst; allein nie in continuirlich fortschreitender, sondern überall in die entgegengesetzte Richtung umkehrender Bewegung. Dabei kann aber eine Hauptrichtung vorwaltend werden, und die Stromkreise können sich in dieser Richtung ineinander entleeren; allein diese Richtung ist wieder nicht bloss auf ein einfaches Auf- oder Absteigen beschränkt, sondern findet in jeder anderen Richtung, der Natur der Kreisbewegungen gemäss, ebenfalls statt. Es findet also nicht bloss ein Absteigen des Rindensaftes statt, sondern auch ein Aufsteigen und ein radiäres und concentrirtes Strömen; nirgends ist eine einseitige, sondern überall eine allseitige Richtung der Cyklose. Die gleiche peripherische Natur der Stromkreise, von denen einer dem anderen und alle dem Ganzen gleich sind, macht hierbei das Abschliessen der Bewegung in den einzelnen Gliedern möglich, wie es die Periodicität der Vegetation in den einzelnen Gliedern: den Wurzeln, Stengelgliedern, den Blättern, den Blumen und Früchten gerade erfordert.

Auf diese Art kann durch die Cyklose der Lebenssaft überall dahin geleitet werden, wohin der Vegetationstrieb geht, und andererseits kann er abgeleitet werden von den Theilen, in welchen der Vegetationstrieb erlischt. Entsprechend der überall entgegengesetzten Richtung der Lebenssaftströme, geht der Bildungsprocess vorwaltend in linearer Richtung nach oben und nach unten; allein er ist ebenso in der Richtung von der Mittelaxe nach dem Umfange und concentrisch im Umfange selbst thätig, was alles bei einem blossen Auf- und Absteigen des Saftes unmöglich wäre. Es können sich also diesem

gemäss Cambiumwülste an den oberen sowohl, als an den unteren Wundrändern der Rindenkreisschnitte bilden; ja, was man bisher gar nicht beachtet hat, nach Längsschnitten der Rinde bilden sich ähnliche Wülste auf beiden Seiten. Dieses eben so auffallende als unzweifelhafte Factum wäre nach der Theorie des auf- und absteigenden Saftes gar nicht möglich.

Entsprechend der selbstständigen Natur der Cyklose in den einzelnen Organen, kann sich auch der Bildungsprocess ebenso gut auf einzelne Theile der Pflanze beschränken, oder überwiegend nach ihnen hinrichten, wie er sich in anderen Fällen gleichförmig über die ganze Pflanze ausdehnt, ganz den organischen Zuständen der Lebenserregung in den verschiedenen Organen entsprechend.

Der Grund der eigenthümlichen Natur der Cyklose, dass sie in allen ihren Theilen dem Ganzen gleich ist, liegt in ihrem wesentlich centrifugalen Charakter ohne alle centripetale Einheit, wie sie sich in der centralen thierischen Circulation zeigt. Die auf- und absteigenden Lebenssaftströme jedes Stromkreises in dem netzförmigen Ganzen fliehen sich nach entgegengesetzten Richtungen, wie die gegenüberstehenden Seiten der um den galvanischen Schliessungsdraht sich drehenden magnetischen Ströme; sie kehren an den Enden gegenseitig ineinander um, indem sie, wie die entgegengesetzten Polaritäten, einander anziehend sich folgen; allein die Bewegung bleibt peripherisch und hat keinerlei Beziehung auf einen Mittelpunct; es ist vielmehr eine unendlich fortschreitende centrifugale Entwickelung durch Wiederholung derselben Stromkreise, deren Treiben am Ende in sich selbst erlischt, ohne dass es zu einer centralen Einheit käme. Diesem centrumlosen Treiben des Lebenssaftes entspricht die ganze Natur des Pflanzenwachsthums; es ist eine unendliche Progression durch Wiederholung derselben Gliederbildung, mit oder ohne Verzweigung; nur die centrifugale Neigung zur strahlenförmigen Entwickelung bildet

sich neben der linearen Verlängerung auf den höheren Stufen des Reichs aus; alles der Natur des Lichtes entsprechend, von dem das Pflanzenleben regiert wird. Kein Centralorgan als Einheit, welche die Glieder verbinden könnte, bildet sich aus. Die Pflanze bleibt, wie ihre Cyklose, immer in Glieder zerfallen, wird nie ein untrennbares Ganzes, wie das Thier. Die Einheit, wonach sie strebt, ist ausser ihr das Licht, anstatt dass die Thiere an den Centralorganen ihre Sonne inwendig haben. Diese Abhängigkeit des Ganzen vom Licht gibt aber den einzelnen Theilen den Vorzug der Selbstständigkeit und Unabhängigkeit, indem jeder Theil, dem Ganzen gleich, sich auch wie dieses auf seine äussere Sonne bezieht. So lange nur der zur vegetativen Totalität gehörige Gegensatz der drei inneren organischen Systeme ungetrennt in den Pflanzengliedern ist, sind diese individuell und unabhängig vom Ganzen lebenskräftig, weil jedes Glied seinen in sich, nicht in eine Einheit des Ganzen, zurückkehrenden Lebenskreis hat, weshalb denn, wie die Cyklose in unendliche sich selbst gleiche Stromkreise, so die ganze Pflanze in unendliche, sich selbst gleiche Keime zerfällt.

Verzeichniss der Pflanzen, an denen theils die Cyklose, theils die Lebenssaftgefässe untersucht worden sind.

Synorgana sporifera.

1. Lepidosporae: *Bernhardia dichotoma.*
2. Epiphyllosporae: *Struthiopteris germanica, Polypodium aureum, Pteris aquilina, Alsophila sp.*

Synorgana gymnantha.

3. Gramineae: *Tripsacum dactyloides, Zea Mays.*
4. Cyperoideae: *Cyperus longus.*
5. Aroideae: *Arum maculatum, A. purpurascens, A. macrorhizon, Caladium esculentum, C. pinnatifidum, Calla aethiopica.*

Synorgana coronantha.

6. Orchideae: *Orchis latifolia, Epidendron Vanilla.*
7. Scitamineae: *Musa paradisiaca, M. rosacea, Urania speciosa.*
8. Irideae: *Iris florentina, I. sambucina.*
9. Liliaceae: *Hemerocallis fulva.*
10. Narcissineae: *Narcissus angustifolius, Leucoium aestivum.*
11. Aloineae: *Aloë glauca, A. humilis, A. arborea, Dracaena Draco, Dr. terminalis.*
12. Sarmentaceae: *Convallaria latifolia, Smilax Sassaparilla, Ruscus aculeatus, Tamus elephantipes.*
13. Veratrineae: *Veratrum Lobelianum.*
14. Commelinaceae: *Commelina coelestis, Tradescantia virginica.*
15. Alismaceae: *Alisma Plantago, Butomus umbellatus, Sagittaria sagittifolia.*

Synorgana palmacea.

16. Phoeniceae: *Phoenix dactylifera.*
17. Sabalineae: *Chamaedorea Schiedeana.*

Synorgana dichorganoidea.

18\. Piperaceae: *Piper flexuosum, P. magnoliaefolium, P. pereskiaefolium, P. blandum, P. verticillatum, P. brachyphyllum, P. aduncum, P. marginatum, P. spurium.*

19\. Saurureae: *Saururus cernuus, Houttuynia cordata.*

20\. Nyctagineae: *Nyctago hortensis, Boerhavia plumbaginea, B. repens, B. hirsuta, Pisonia fragrans, P. obovata, P. aculeata.*

21\. Amaranthaceae: *Amaranthus purpureus, Celosia cristata, Achyranthes lappacea.*

22\. Cycadeae: *Zamia Caffra, Cycas circinalis.*

23\. Nymphaeaceae: *Nymphaea alba, Nelumbium speciosum.*

24\. Diphylleiaceae: *Diphylleia cymosa, Podophyllum peltatum, Leontice thalictroides, Sarracenia purpurea.*

25\. Actaeaceae: *Actaea spicata, Cimicifuga Serpentaria.*

Dichorgana lepidantha.

26\. Abietineae: *Pinus Strobus.*

27\. Taxineae: *Taxus baccata, Ephedra distachya, Gingko biloba.*

28\. Casuarineae: *Casuarina equisetifolia.*

29\. Amentiferae: *Betula alba, Salix alba.*

Dichorgana perianthina.

30\. Aristolochiae: *Aristolochia Clematitis.*

31\. Urticeae: *Parietaria officinalis.*

32\. Chenopodeae: *Atriplex hortensis.*

33\. Polygoneae: *Rheum Rhaponticum, Rumex scutatus, Rumex Hydrolapathum.*

34\. Euphorbiaceae: *Euphorbia Helioscopia, E. dulcis, E. villosa, E. atropurpurea, E. Caput Medusae, Sapium aucuparium, Hippomane Mancinella.*

Dichorgana anthodiata.

35\. Compositae: *Lactuca virosa, Leontodon Taraxacum. Tragopogon porrifolius, Sonchus uliginosus, S. macrophyllus, S. Plumierii, Hieracium maculatum.*

36. Aggregatae: *Scabiosa australis, Sc. succisa.*
37. Lupulinae: *Humulus Lupulus.*
38. Plantagineae: *Plantago maior.*
39. Sarcothalamicae: *Morus alba, Broussonettia papyrifera, Ficus Carica, F. elastica, F. populnea, F. nitida, Galactodendron utile.*

Dichorgana siphonantha.

40. Valerianeae: *Valeriana officinalis.*
41. Lobeliaceae: *Lobelia cardinalis, L. longiflora.*
42. Campauulaceae: *Campanula speciosa, C. Infundibulum, C. trachelioides, C. macrantha, C. carpathica, C. rapunculoides, C. Medium, Phyteuma spicatum.*
43. Cucurbitaceae: *Bryonia alba, Cucurbita Pepo, Sicyos angulata.*
44. Caprifoliaceae: *Sambucus Ebulus, S. nigra.*
45. Rubiaceae: *Rubia tinctorum.*
46. Asclepiadeae: *Asclepias nivea, A. fruticosa, Cynanchum viminale, C. Vincetoxicum, Hoya viridiflora, Stapelia hirsuta.*
47. Apocyneae: *Vinca minor, V. maior, Nerium splendens, Apocynum hypericifolium, Tabernaemontana citrifolia.*
48. Gentianeae: *Menyanthes trifoliata.*
49. Convolvulaceae: *Convolvulus sepium, Ipomoea purpurea, I. insignis.*
50. Cuscutinae: *Cuscuta europaea.*
51. Solanaceae: *Solanum Dulcamara.*
52. Scrophularineae: *Digitalis purpurea, Pentstemon barbatum.*
53. Boragineae: *Borago officinalis.*
54. Labiatae: *Dracocephalum Moldavica, Mentha sylvestris, Phlomis tuberosa.*
55. Iasmineae: *Iasminum revolutum.*

Dichorgana petalantha monocarpa.

56. Umbelliferae: *Angelica Archangelica, Imperatoria Ostruthium, Oenanthe crocata, Cicuta virosa, Athamanta Oreoselinum, A. Cervaria.*
57. Loranthaceae: *Viscum album.*
58. Cacteae: *Mammillaria coronata, Cactus grandiflorus, Rhipsalis pendulus.*
59. Loaseae: *Loasa acerifolia.*

60. Myrtineae: *Eugenia australis.*
61. Mesembrinae: *Mesembryanthemum crystallinum.*
62. Saxifrageae: *Saxifraga umbrosa.*
63. Onagrae: *Oenothera biennis.*
64. Caryophylleae: *Saponaria officinalis.*
65. Portulaceae: *Portulaca oleracea.*
66. Violariae: *Viola suavis.*
67. Passifloreae: *Passiflora princeps.*
68. Papayeae: *Carica microcarpa.*
69. Papaveraceae: *Papaver somniferum, P. dubium, P. nudicaule, P. orientale, Chelidonium maius, Sanguinaria canadensis, Bocconia cordata.*
70. Cruciferae: *Cochlearia Armoracia, Brassica oleracea.*
71. Papilionaceae: *Glycine Apios, Piscidia Erythrina.*
72. Mimoseae: *Mimosa pudica.*
73. Oxalideae: *Oxalis tetraphylla.*
74. Balsamineae: *Impatiens Noli tangere.*
75. Tropaeoleae: *Tropaeolum maius.*
76. Geraniaceae: *Erodium malacoides.*
77. Guttiferae: *Mammea americana, Garcinia Cambogia.*
78. Hypericineae: *Hypericum calycinum.*
79. Ampelideae: *Vitis vinifera.*
80. Tiliaceae: *Tilia europaea.*
81. Acerineae: *Acer platanoides.*
82. Verniceae: *Rhus Coriaria, Schinus molle.*
83. Rutaceae: *Dictamnus albus, Ruta graveolens.*
84. Sterculiaceae: *Sterculia platanifolia.*

Dichorgana petalantha polycarpa.

85. Malvaceae: *Althaea officinalis.*
86. Ranunculaceae: *Delphinium elatum, Paeonia officinalis.*
87. Magnoliaceae: *Liriodendron tulipifera, Calycanthus floridus.*
88. Rosaceae: *Rubus Idaeus.*

Erklärung der Abbildungen.

Tab. I.

Fig. 1. Zwei Bündel expandirter Lebenssaftgefässe aus der Gefässrindenschicht von *Sonchus palustris.* Die Gefässe jedes Bündels sind unter sich und beide Bündel untereinander durch Anastomosen verbunden, so dass ein einfaches Netz der einzelnen Gefässe und ein zusammengesetztes Netz der Bündel entsteht. Die Gefässe zeigen einzelne contrahirte Stellen (*a*).

Fig. 2. Doppelschicht von Lebenssaftgefässen aus der Rinde von *Sonchus fruticosus.* Die innere Schicht zeigt ein dichtes Netz contrahirter Gefässe (*a*), die durch expandirte Stellen (*b*) in die äussere Schicht von expandirten Gefässen übergehen. Diese zeigen wieder einzelne contrahirte Stellen, und ausserdem Andeutungen zur Gliederung (*c*).

Fig. 3. u. 4. Doppelschichten von contrahirten und expandirten Lebenssaftgefässen aus der Rinde von *Campanula carpathica* und *Campanula speciosa.* Die contrahirten Gefässe bilden die innere Schicht mit dichteren Netzen; die expandirten die äussere Schicht mit lockeren Netzen. An den expandirten sieht man überall contrahirte Stellen im noch wenig begrenzten Zustande.

Tab. II.

Fig. 1. Schicht von expandirten Lebenssaftgefässen des Blumenstieles von *Leontodon Taraxacum*, aus mehreren Bündelnetzen bestehend. Die contrahirten Stellen werden zuerst durch hellere Zwischenräume (*a, a*) angedeutet, aus denen sich der Lebenssaft zurückgezogen hat.

Fig. 2. u. 3. Expandirte Gefässnetze aus der Rinde von *Sonchus Plumierii.* In Fig. 2. sind die contrahirten Stellen durch helle Zwischenräume (*a*) angedeutet, aus denen sich der Saft zurückgezogen hat, noch ohne äussere Einschnürung. Fig. 3. zeigt drei Bündel expandirter Gefässe, die durch Anastomosen zu Netzen verbunden sind. Die Bündel unter sich sind ausserdem in noch grösseren Entfernungen wieder durch ein Netz von Anastomosen (*b*) zu einer zusammenhängenden Schicht vereinigt; *c.* contrahirte Gefässe der inneren Schicht, dem Zellgewebe anliegend; *d.* erste Andeutung contrahirter Stellen durch helle saftleere Zwischenräume, ohne äussere Einschnürung; *e.* contrahirte Stellen mit äusserer Einschnürung.

Tab. III.

Fig. 1. Segment des Querdurchschnitts eines Stengels von *Papaver nudicaule.* Abwechselnd grössere und kleinere Gefässbündel sind in einen Kreis gestellt, und zeigen zwischen sich noch mehrere kleinere Bastbündel. Jedes Bündel zeigt in *a.* die Lebenssaftgefässschicht, in *b.* die Spiralgefässschicht, in *c.* die Bündeldecken von Bastzellen.

Fig. 2. Lebenssaftgefässnetz aus demselben Stengel. Die expandirten Gefässe zeigen in kurzen Absätzen contrahirte Stellen mit Einschnürungen.

Fig. 3. Contrahirte Lebenssaftgefässe im Uebergange zum expandirten Zustande, mit grösseren expandirten, stark mit Saft gefüllten, Stellen (*b*), zwischen denen die contrahirten Theile (*a*) ihren Saft entleert haben.

Fig. 4. Expandirte Lebenssaftgefässe aus der Wurzelrinde von *Papaver somniferum.* Hin und wieder sind noch contrahirte Stellen, an anderen Stellen schon Articulationen.

Tab. IV.

Fig. 1. Querschnitt eines einjährigen Triebes von *Ephedra distachya. a.* Holz; *b.* Lebenssaftgefässschicht der Rinde; *d.* Rindenzellgewebe; *e.* Bündeldecken von Bastzellen.

Fig. 2. Verzweigte expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe aus der Zweigrinde von *Ephedra distachya.* Die feineren contrahirten Zweige bilden die innere Schicht.

Fig. 3. Querschnitt eines mehrjährigen Zweiges von *Pinus Strobus. a.* Holz, worin Balsamcanäle zerstreut; *b.* Lebenssaftgefässschicht mit contrahirten und expandirten Oeffnungen; *c.* Cambiumschicht; *d.* Balsamcanäle der Rinde, mit Lebenssaftgefässen umgeben.

Fig. 4. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte, *c.* articulirte Lebenssaftgefässe von *Pinus Strobus.* Die articulirten sind aus der äusseren Schicht, man sieht in ihnen eine Menge rechteckiger Krystalle, die sich nach dem Aufhören der Saftbewegung gebildet haben.

Tab. V.

Fig. 1. Doppelschicht von Lebenssaftgefässnetzen aus der Rinde von *Euphorbia atropurpurea.* Die feineren contrahirten sind aus der inneren Schicht; die grösseren expandirten aus der äusseren. Ausserdem findet sich noch eine

äusserste Schicht im fleischigen Rindenzellgewebe zerstreut, welche hier weggelassen wurde. *a.* Contrahirte Stellen der expandirten Gefässe, die oft nur eine innere Einschnürung zeigen, wobei die Gefässwand sich an dieser Stelle verdickt, ohne dass der äussere Umfang sich änderte.

Fig. 2. Querschnitt des Stengels von *Euphorbia atropurpurea. a.* Lockere Lebensgefässschicht, von der zerstreute Zweige in die äussere fleischige Rinde und in das Mark sich verbreiten; *b.* Holz; *c.* Cambiumschicht, woraus sich eine neue Holz- und Rindenschicht entwickelt. In das gleichförmige Parenchym bilden sich später Gefässe hinein. (Vergl. *Mém. sur la circulation. Tab. IX. Fig.* 5, *b.* aus *Hoya viridiflora, Tab. VIII. Fig.* 7. aus *Ipomoea purpurea, Tab. VII. Fig.* 8. aus *Morus alba* u. s. w.).

Tab. VI.

Längsdurchschnitt eines lebenden Stammes von *Euphorbia atropurpurea,* um die Verbreitung der Gefässe zu zeigen, und ihre natürliche Lage im Parenchym zu veranschaulichen. *a.* Spiralgefässbündel; *b.* Cambiumschicht; *c.* Lebenssaftgefässschicht des Heerdes; *d.* ein Bündel von Spiral- und Lebenssaftgefässen, welches sich in die Blattansätze verzweigt, schief durchschnitten; *e* 1 — *e* 9. in ihrem gewundenen Lauf durch das Parenchym zerschnittene Stücke von Lebenssaftgefässen. In den grösseren sieht man ebenfalls die inneren Einschnürungen der Gefässe durch Einspringen der Wandungen.

Tab. VII.

Anatomie des Rhizom's und der Wurzel von *Struthiopteris germanica.* Fig. 1. Querschnitt des Rhizom's mit drei grösseren und zwei kleineren Gefässbündeln, deren jedes ein Mittelbündel von Spiralgefässen von unregelmässiger Form zeigt, um welches die Lebenssaftgefässe ebenso rund herum (nicht bloss an der äusseren Seite, wie bei den übrigen Synorgana) in Form einer Rinde liegen. Das Ganze ist von der Bündelscheide aus Bastzellen umgeben. Die nebenstehende Figur zeigt die Längsansicht: *a.* der Spiralgefässe; *b.* der Lebenssaftgefässe; *c.* Parenchymzellen mit Amylonkörnern.

Fig. 2. stellt das untere der drei grösseren Gefässbündel des Rhizom's stärker vergrössert vor. *a.* Die Rinde von Lebenssaftgefässen; *b.* die Axe von Spiralgefässen; *c.* die Bündelscheide aus Bastzellen; *d.* Parenchymzellen.

Fig. 3. Querschnitt der Wurzel mit einem Mittelbündel von Gefässen. *a.* Spiralgefässe in der Axe des Bündels; *b.* Lebenssaftgefässrinde; *c.* Bündelscheide; das Ganze von Parenchym umgeben.

Tab. VIII.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Bernhardia dichotoma.* Die Axe ist von einem runden Bündel dickwandiger Bastzellen erfüllt. Um diese liegt ein Kreis von Spiralgefässen, der sich in 8 strahlenförmige Fortsätze nach dem Umfange ausdehnt (*a*). Die Lebenssaftgefässbündel (*b*) liegen zwischen den 8 Strahlenarmen der Spiralgefässe. Ausserdem sieht man noch grössere, mit Saft erfüllte expandirte Lebenssaftgefässmündungen (*c*) im Parenchym zerstreut. Unter der Epidermis sieht man noch einen Kreis dickwandiger Bastzellen.

Fig. 2. *a.* Expandirte, *b.* contrahirte Lebenssaftgefässe, welche letztere sich auf den Zellen (*d*) verbreiten; *c.* Spiralgefässe auf der Entwickelungsstufe der Treppengänge.

Fig. 3. Querschnitt der Wurzel von *Iris germanica.* Die Axe ist von einem Bündel dickwandiger Bastzellen erfüllt, welche sich in 12 Strahlen gegen die Peripherie fortsetzen (*c*). Zwischen den Bastzellen zerstreut liegen Spiralgefässe (*a*), welche in der Längsansicht über der Figur dargestellt sind. Die Lebenssaftgefässe (*b*) liegen zwischen den Strahlenarmen des Bastbündels. Das Ganze ist noch von einer Bündelscheide dicker Bastzellen in einem einfachen Kreise (*d*) umgeben.

Fig. 4. *a.* Expandirte, *b.* contrahirte Lebenssaftgefässe. Letztere verzweigen sich äusserst fein auf den Zellen (*c*).

Tab. IX.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Orchis latifolia.* Man sieht zwei grössere und ein kleineres Gefässbündel. Jedes besteht zu innerst aus Spiralgefässen (*b*), auf welchen die Lebenssaftgefässe (*a*) nach aussen folgen. Das Ganze ist von einer Bündelscheide aus Zellen umgeben, die an der äusseren Seite dickwandige Bastzellen (*c*) bilden. Sämmtliche Gefässbündel werden nach aussen von einer Bastscheide (*d*) umfasst, über welche noch eine Zellenrinde (*e*) ohne Gefässbündel liegt.

Fig. 2. Expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe von *Orchis latifolia* in der Längsansicht.

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Iris florentina.* Jedes der Gefässbündel hat nach innen Spiralgefässe (*b*), nach aussen die Lebenssaftgefässe. Beide sind ringsum von einer Bündelscheide umgeben, deren Zellen auf der äusseren Seite, die den Lebenssaftgefässen aufliegt, dickwandige Bastzellen (*c*) sind. Sämmtliche Gefässbündel der Stengelachse werden von einer kreisförmigen Schicht Bastzellen (*d*) umfasst, um welche sich noch eine Zellenrinde lagert. Diese gibt den Blattscheiden den Ursprung und zeigt daher kleinere Gefässbündel (*e*) für dieselben.

Fig. 4. Expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe in der Längsansicht, von derselben Pflanze.

Fig. 5. Querschnitt des Stengels von *Convallaria latifolia.* Die Gefässbündel sind zusammengesetzt aus Spiralgefässen (*b*), an welchen nach aussen die Lebenssaftgefässe anliegen (*a*). Die zelligen Bündelscheiden (*c*) zeigen nach aussen ebenfalls etwas dickwandige Zellen. Auch der Bastzellenring um die Stengelachse (*d*) findet sich hier zu äusserst noch von einer Zellenrinde umgeben.

Fig. 6: Expandirte Lebenssaftgefässe derselben Pflanze.

Tab. X.

Fig. 1. Querschnitt des Blattstiels von *Phoenix dactilifera.* Grössere Gefässbündel liegen gegen die Mitte, kleinere gegen den Umfang hin. Jedes von ihnen ist aus Spiralgefässen verschiedener Grösse (*b*), denen nach aussen ein Bündel Lebenssaftgefässe (*a*) anliegt, zusammengesetzt. Das Ganze ist von einer starken Bündelscheide dickwandiger Bastzellen rings umgeben (*c, c*). Man sieht ausser den Gefässbündeln noch einfache Bastbündel zerstreut im Parenchym liegen. Diese Bündel entstehen aus den Bündelscheiden der Gefässbündel, welche sich über die Gefässe hinaus nach oben und unten verlängern, nachdem die Gefässe sich seitlich verbreitet haben und der Heerd sich aufgelöst hat.

Fig. 2. Expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe aus einer reifen Dattelfrucht. Der Lebenssaft ist etwas milchig getrübt.

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Zea Mays.* Die Spiralgefässe (*b*) in den Gefässbündeln zeigen, besonders in den grösseren, gegen die Stengelachse gelegenen Bündeln, eine gewisse Regelmässigkeit der Lage, indem gewöhnlich drei Gefässe sich radienförmig in einer Reihe finden, die am äusseren Ende zu jeder Seite ein grösseres Spiralgefäss, in halbmondförmiger Stellung, neben sich

hat. In den kleineren gegen den Umfang gelegenen Bündeln finden sich nur meistens drei Spiralgefässe, aber in ähnlicher halbmondförmiger Stellung, wie die Gefässe der grösseren Bündel. In dem halbmondförmigen Ausschnitte der Spiralgefässbündel liegen die Lebenssaftgefässbündel (*a*). Das Ganze ist von einer Bündelscheide rings umgeben, deren Zellen jedoch nur am äusseren und am inneren Ende dickwandige Bastzellen sind (*c*).

Fig. 4. *a.* Expandirte, *a*1 contrahirte, *b.* articulirte Lebenssaftgefässe vom Maïs; *c.* älteres Spiralgefäss auf der punctirten Entwickelungstufe, gegliedert mit eingeschnürten Endmündungen an den Gliederknoten; *d.* ein jüngeres in Ringe getrennt; *e.* die Ringe zu einem Treppengange verbunden; *f.* Bastzellen und deren Endzusammenfügung.

Tab. XI.

Fig. 1. Querschnitt des Blumenstiels von *Caladium pinnatifidum*. Man bemerkt in jedem Gefässbündel die Lebenssaftgefässe (*a*) als hellere Partieen zwischen den Spiralgefässen (*b*) und dem äusseren Theil (*d*) der Bündelscheide; *c.* ist ein Zellencanal in der Bündelscheide; *e.* grössere Lücken im Parenchym zwischen den Gefässbündeln.

Fig. 2. Längsansicht der Spiral- und Lebenssaftgefässe derselben Pflanze. *b.* Contrahirte Stellen der expandirten Gefässe, welche durch Zurückweichen des Lebenssaftes hell erscheinen. Einige der expandirten und mehr noch die articulirten Lebenssaftgefässe erhalten durch Anlagerung der Zellen entsprechende ausgebuchtete Stellen. Contrahirte Lebenssaftgefässe verbreiten sich einzeln zwischen den Zellen.

Fig. 3. Spiralgefässe und Lebenssaftgefässe aus dem Blattstiele, da wo sich die Gefässbündel in das Blatt verzweigen. Die Gefässe bilden hier, wie in allen Knoten, eine dichte Verflechtung in dem Heerde der Bündel. Contrahirte Gefässe verbreiten sich auf den Zellen des Parenchym's seitlich.

Fig. 4. Spiralgefäss in Ringe aufgelöst, und Lebenssaftgefässe aus dem Blattstiele von *Arum maculatum*. *a.* Contrahirte Formen mit expandirten Stellen; *b.* expandirte, zum Theil schon in articulirte übergehend.

Fig. 5. Spiralgefäss (*b*), Bündelscheidenzellen (*c*) und expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe aus dem Blattstiele von *Arum macrorhizon*. Auf den Parenchymzellen (*d*) verbreiten sich feine contrahirte Saftgefässe.

Tab. XII.

Fig. 1. Querschnitt des Blattstieles von *Caladium esculentum.* In jedem Gefässbündel finden sich nach innen Spiralgefässe (*b*), an deren äusserer Seite die Lebenssaftgefässe liegen (*a*). Die gegen die Mitte gelegenen Bündel sind nur von lockeren Bündelscheiden umgeben, deren äusserer Theil in den gegen den Umfang gelegenen Bündeln zu einer starken Schicht dickwandiger Bastzellen sich vergrössert.

Fig. 2. Längsansicht der Spiral- und Lebenssaftgefässe aus demselben Blattstiele. Die Gefässe sind bei *Arum esculentum* äusserst kenntlich an der braunen Farbe, welche der Lebenssaft bei der Maceration annimmt, so dass man die feinsten Verzweigungen der Netze auf den einzelnen Zellen auf's deutlichste unterscheidet. *a.* Spiralgefässe; *b.* expandirte Lebenssaftgefässe in dem Heerde der Bündel; *c.* contrahirte Gefässnetze, die sich zwischen den Zellen des Parenchym's verbreiten.

Fig. 3. Expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe aus *Dracaena Draco.*

Fig. 4. Querschnitt eines Gefässbündels aus dem Blattstiele von *Dracaena Draco. a.* Lebenssaftgefässbündel in einem begrenzten Canal der Bündelscheide; *b.* Spiralgefässe in zwei nach aussen divergirenden Reihen, zwischen welchen die Lebenssaftgefässe sich anlagern; *c.* Bündelscheide von fast ringsum dickwandigen Bastzellen; *d.* Parenchymzellen.

Tab. XIII.

Fig. 1. Querschnitt des Blattstieles von *Cecropia peltata.* Die Gefässe der Bündel liegen in einer strahlenförmigen Richtung gegen die Peripherie. Die Lebenssaftgefässe an der Umfangsseite der Spiralgefässe.

Fig. 2. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte Lebenssaftgefässe desselben Blattstieles; *c.* articulirtes Spiralgefäss auf der Entwickelungsstufe der Treppengefässe, mit unterbrochenen Querstreifen; *d.* abgerolltes und ringförmiges Spiralgefäss.

Fig. 3. Querschnitt des Blattstieles von *Urania speciosa.* Die Spiralgefässe (*b*) haben ihre eigene Bündelscheide, und sind dadurch von dem Lebenssaftgefässtheil des Bündels (*a*) etwas getrennt. Die Bündelscheide über den Lebenssaftgefässen enthält Bastzellen.

Fig. 4. *b.* Ein kleines und ein grösseres bandartig abgerolltes Spiralgefäss mit Längsstreifen von der Anlagerung der Zellen der Bündelscheide; *a.* articulirte Lebenssaftgefässe, von denen aus contrahirte sich auf den Zellen verbreiten.

Tab. XIV.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Atriplex hortensis.* Einzelne Gefässbündel verschieben sich aus dem Bündelkreise nach innen. Jedes Bündel hat nach innen Spiralgefässe von Bastzellen seitlich umgeben, nach aussen ein Bündel von Lebenssaftgefässen (*a*) mit lockerer zelliger Bündeldecke. Gegenüber dem zurücktretenden Gefässbündel zeigt sich eine starke Bündeldeckenschicht von Bastzellen (*c*) unter der Oberhaut.

Fig. 2. Spiralgefäss, expandirte uud contrahirte Lebenssaftgefässe aus demselben Stengel.

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Delphinium elatum.* Die Gefässbündel erscheinen ohne Bündelscheiden, und bestehen aus drei von innen nach aussen aufeinander folgenden Schichten von Spiralgefässen (*b*), von Lebenssaftgefässen (*a*) und einer starken Bündeldecke von Bastzellen (*c*).

Fig. 4. Articulirte und contrahirte Lebenssaftgefässe aus *Paeonia officinalis.*

Fig. 5. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe, letztere mit contrahirten Stellen (*a*), von *Delphinium elatum.*

Tab. XV.

Die Gefässbündel der Blattstiele von *Rumex* und *Rheum* zeigen Bündelscheiden, wie bei synorganischen Pflanzen, welche jedoch in den Stengeln fehlen. Fig. 1. Querschnitt des Blattstieles von *Rumex Hydrolapathum.* *a.* Lebenssaftgefässe; *b.* Spiralgefässe; *c.* Bündelscheide.

Fig. 2. Expandirte Lebenssaftgefässe, ebendaher.

Fig. 3. Dieselben aus *Rumex scutatus.*

Fig. 4. Querschnitt des Blattstieles von *Rheum Rhaponticum.* *a.* Lebenssaftgefässe; *b.* Spiralgefässe; *c.* Bündelscheide.

Fig. 5. *a.* Spiralgefässe, auf der Stufe der netzförmigen und Ringgefässe, letzteres noch eine Strecke abgerollt (nicht in Ringe zerfallen), wegen der jugendlichen Elasticität des Fadens; *b.* contrahirte Lebenssaftgefässe mit expandirten Stellen.

Tab. XVI.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Chelidonium maius.* Jedes Gefässbündel besteht: *a.* aus Lebenssaftgefässen, in der Mitte; *b.* Spiralgefässen, nach innen gelegen, und *c.* der Bündeldecke von Bastzellen im Umfange, so dass Spiral- und Lebenssaftgefässe nicht von Bündelscheiden eingeschlossen sind.

Fig. 2. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte und articulirte Lebenssaftgefässe von *Chelidonium maius; e.* stark expandirte Stellen der grösseren contrahirten Gefässe (*d*); *c.* Spiralgefässe, ebendaher, auf der Stufe der Articulation, mit netzförmigen Wandungen, die jedoch unten in Treppenform, oben in elastische Spiralform übergehen.

Tab. XVII.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Bocconia cordata. a.* Spiralgefässe; *b.* Lebenssaftgefässschicht der Bündel; *c.* die Bündeldecken von dickwandigen Bastzellen, sehr stark entwickelt.

Fig. 2. Contrahirte Lebenssaftgefässe und articulirte Spiralgefässformen derselben Pflanze.

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Tropaeolum maius.* Die keilförmigen Spiralgefässbündel haben an der Rindenseite eine durchscheinende Schicht von Lebenssaftgefässen. Der ganze Bündelkreis ist von einer lockeren Bündelschicht zusammenhängend umgeben.

Fig. 4. *a.* Articulirtes Spiralgefäss; *b.* contrahirte Lebenssaftgefässe mit expandirten Stellen (*c*), aus derselben Pflanze.

Tab. XVIII.

Fig. 1. Querschnitt eines Blattstieles von *Cochlearia Armoracia.* Die Spiralgefässe (*b*) der Bündel zeigen eine Neigung, sich kreisförmig um eine Zellenaxe zu legen, die aber nach der Innenseite frei bleibt. Die Lebenssaftgefässe liegen, wie gewöhnlich, an der äusseren Seite (*a*), und haben eine Bündeldecke von Bastzellen über sich (*c*). Die Spiralgefässe der grösseren Bündel werden gegen den Umfang durch zwei divergirende Zellenstrahlen getheilt. Im Stengel des Meerrettig's sind die Bündel in wellenförmigen Linien zu einem Kreise verbunden, in dem die Lebenssaftgefässe zu einer continuirlichen Schicht vereinigt sind.

Fig. 2. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe vom Blattstiele des Meerrettigs.

Fig. 3. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe von *Brassica oleracea.* Die expandirten mit contrahirten Stellen (*b*), die contrahirten mit expandirten Stellen (*a*).

Fig. 4. Querschnitt des Stammes von *Mimosa pudica. a.* Lebenssaftgefässe in zusammenhängender Rindenschicht; *b.* Holzring mit Spiralgefässen; *c.* die Bündeldecken, zu einer Bastschicht vereinigt.

Fig. 5. Abgerollte und punctirte Spiralgefässformen, und contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe aus *Mimosa pudica.*

Tab. XIX.

Die obere Figur stellt einen gerinnenden Tropfen Lebenssaftes von *Mimosa pudica* dar. Das Elastingerinnsel, mit Kügelchen gemengt, lagert sich in wellenförmigen Schichten auf der einen Seite; auf der anderen schiessen die Salze des Serum's in Krystallen an, am Rande schön baumförmig. Die untere Figur ist ein Querschnitt durch den, die Bewegung vermittelnden, Blattstielknoten von *Mimosa pudica.* Die Spiralgefässe liegen zwischen dickwandigen Zellen in der elliptischen Axe, rings von einer Rinde von Lebenssaftgefässen umgeben. Um diese lagert sich eine weite Schicht contractiler dicker Zellen. Links zur Seite ist der Umriss eines Querschnitts des Blattstieles aus seiner Mitte; rechts ein einzelnes von den vier Gefässbündeln aus der Mitte, stärker vergrössert. Eine halbmondförmige Bündeldecke umfasst die Lebenssaftgefässe, welche über den Spiralgefässen liegen.

Tab. XX.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Schinus molle. b.* Verholzende Spiralgefässschicht; *d.* Cambiumschicht; *a.* Lebenssaftgefässbündel, in deren Mitte ein Balsamcanal (*c*) liegt.

Fig. 2. *a.* Expandirte, *b.* articulirte Lebenssaftgefässe; *c.* Balsamcanal aus *Schinus molle.*

Fig. 3. Querschnitt des einjährigen Zweiges von *Rhus Coriaria. b.* Spiralgefässe, in einen Holzring verwachsen; *a.* Lebenssaftgefässbündel, in deren Mitte ein Balsamcanal (*c*) liegt.

Fig. 4. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte Lebenssaftgefässe; *c.* Balsamcanal in der Längsansicht, von *Rhus Coriaria.*

Tab. XXI.

Fig. 1. Wurzeldurchschnitt von *Angelica Archangelica.* Die Spiralgefässe gehen in strahlenförmigen Bündeln von der Axe aus. Die Rinde zeigt Zellenstrahlen, zwischen denen grosse Luftlücken befindlich sind. In den Zellenstrahlen und dem übrigen Rindenzellgewebe sieht man Balsamcanäle (*c*), um welche die Lebenssaftgefässbündel sich lagern.

Fig. 2. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte, stellenweise contrahirte Lebenssaftgefässe; *c.* Balsamcanal; *d.* gegliedertes Spiralgefäss mit lappenförmigen bandartig abgerollten Wänden.

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Angelica Archangelica.* Die Gefässbündel seitlich durch Bastzellen zu einer Schicht verwachsen. *b.* Spiralgefässe; *a.* Lebenssaftgefässe, mit einer Bündeldecke von Bastzellen bedeckt; *d.* im Rindenzellgewebe zerstreute Balsamcanäle mit Zellenwänden, ohne Gefässbündel. Unter der Epidermis findet sich noch ein Bastzellenbündel.

Fig. 4. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte Lebenssaftgefässe desselben Stengels.

Fig. 5. Spiralgefäss. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte Lebenssaftgefässe aus dem Blattstiele von *Angelica Archangelica.*

Tab. XXII.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Cicuta virosa.* Die keilförmigen Gefässbündel seitlich durch Zellenreihen zu einer Schicht verbunden. *a.* Lebenssaftgefässe; *b.* Spiralgefässe, beide durch eine Cambiumschicht getrennt; *c.* Bündeldecke von Bastzellen; *d.* Balsamcanal. Grosse Luftgänge im Rindenzellgewebe.

Fig. 2. *a.* Contrahirte, *b.* expandirte, *e.* articulirte Lebenssaftgefässe; *c.* in bandartigen Fäden abrollbares, *d.* gegliedertes Spiralgefäss mit Treppenwänden.

Tab. XXIII.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Impatiens Noli tangere.* *a.* Lebenssaftgefässbündel, stark seitlich ausgebreitet. Das darunter liegende Spiralgefässbündel durch verholzte Zellen seitlich mit den benachbarten zu einem Holzringe (*b*) verbunden. *c.* Spiralgefässe des inneren Bündeltheils, welche nicht in den Holzring eingehen.

*

Fig. 2. Netzförmige Spiralgefässe.

Fig. 3. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe, ebendaher.

Fig. 4. Querschnitt des Blattstieles von *Plantago maior.* Die fast kreisförmigen Gefässbündel bestehen aus einem halbmondförmigen Spiralgefässbündel (*c*), zwischen dessen, nach innen gekehrten, Hörnern sich Bastzellen (*b*) lagern. Die Lebenssaftgefässe (*a*), in einem Halbkreis um die Spiralgefässe liegend, werden von einer, das ganze Bündel umfassenden Bündelscheide von Bastzellen (*d*) eingefasst. Die Gefässbündel des Stengels haben keine Bündelscheiden und liegen gesondert in einem Kreise, dessen Bündeldecken zu einer Schicht um den ganzen Stengel verschmelzen.

Fig. 5. Expandirte Lebenssaftgefässe.

Fig. 6. Durch Maceration aus dem Lebenssaft innerhalb der Gefässe entstandene Cercarien.

Tab. XXIV.

Fig. 1. Querschnitt eines einjährigen Zweiges von *Acer platanoides. a.* Lebenssaftgefässe mit contrahirten und expandirten Oeffnungen in Bündeln, über welche isolirte Bastbündeldecken (*c*) liegen, welche aber später seitlich zu einer Schicht verschmelzen; *b.* Holzring; *d.* Cambiumschicht.

Fig. 2. Contrahirte, expandirte und articulirte Lebenssaftgefässe aus der Rinde von *Acer platanoides.*

Fig. 3. Querschnitt eines Zweiges von *Gingko biloba. a.* Lebenssaftgefässe, theils in einer lockeren Schicht, theils im Rindenzellgewebe bündelweise um die Balsamcanäle verbreitet. Auch im Mark finden sich mit Gefässen umgebene Balsamcanäle.

Fig. 4. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe aus derselben Pflanze.

Tab. XXV.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Rubia tinctorum. a.* Lebenssaftgefässe in einer kreisförmigen Schicht; *b.* Holzring; beide durch eine beginnende Cambiumschicht getrennt.

Fig. 2. Contrahirte, expandirte und articulirte Lebenssaftgefässe und gegliederte Formen von Treppengängen aus *Rubia tinctorum.*

Fig. 3. Querschnitt des Stengels von *Rubus Idaeus.* *a.* Lebenssaftgefässschicht mit ihren Bastbündeldecken (*c*), welche noch von einer dunkleren Zellenschicht von aussen eingeschlossen werden; *b.* Holzring.

Fig. 4. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässe von *Rubus Idaeus* aus der Stengelrinde.

Tab. XXVI.

Lebende durchscheinende Bractee von *Aloë glauca,* worin man die Ströme des Lebenssaftes auf- und absteigen und zusammenmünden sieht. Durch die Mitte läuft ein Spiralgefässbündel, zu dessen beiden Seiten Ströme auf- und absteigen. Seitlich verlaufen einzelne Ströme gesondert im Parenchym, deren Richtung im Allgemeinen durch Pfeile angedeutet ist. Die Ströme spalten sich aber häufig und die Zweige gehen dann zuweilen wieder zusammen, häufiger aber spalten sie sich abermals und bilden Anastomosen mit Seitenströmen, mit welchen sie dann wieder in entgegengesetzten Richtungen umkehren. So bildet das Ganze ein Netz, dessen grössere Ströme man jedoch durch die unverletzte Bractee nur durchschimmern sieht, während sich noch feinere Stromnetze im Parenchym verbreiten, die nur in durchsichtigen Lamellen sichtbar werden.

Tab. XXVII.

Fig. 1. Querschnitt des Stengels von *Valeriana officinalis.* Die Spiralgefässbündel vereinen sich seitlich zu einem Holzringe in bogenförmiger Linie, auf welche sich die Lebenssaftgefässe in zusammenhängender Schicht anlegen, welche eben so von einer Bündeldeckenschicht von Bastzellen überdeckt ist.

Fig. 2. Expandirte und contrahirte Lebenssaftgefässe und abrollbare Spiralgefässe aus dem Stengel von *Valeriana officinalis.*

Fig. 3. Stengeldurchschnitt von *Portulaca oleracea.* In den Spiralgefässbündeln unterscheidet man zwei Schichten, eine innere ungetheilte (*c*), und eine äussere, durch einen Markstrahl in zwei Theile gesonderte (*b*); die Lebenssaftgefässbündel (*a*) liegen auf der äusseren Schicht.

Fig. 4. Expandirte Lebenssaftgefässe und articulirte Spiralgefässformen von *Portulaca oleracea.*

Tab. XXVIII.

Fig. 1. Stengeldurchschnitt von *Erodium malacoides.* Die Gefässbündel liegen in einem Kreise und sind durch eine continuirliche Schicht seitlich verschmol-

zener Bündeldecken von Bastzellen (*c*) verbunden. Die Lebenssaftgefässbündel (*a*) und die Spiralgefässbündel (*b*) selbst sind noch gesondert.

Fig. 2. Contrahirte, expandirte und articulirte Lebenssaftgefässe und Spiralgefäss aus demselben Stengel.

Fig. 3. Stengeldurchschnitt von *Oxalis tetraphylla.* Die Gefässbündel liegen gesondert in einem Kreise. Jedes besteht aus einem durch Zellen getrennten Doppelbündel von Spiralgefässen (*b*), das von einem Lebenssaftgefässbündel bedeckt ist (*a*).

Fig. 4. Contrahirte und expandirte Lebenssaftgefässformen, und in Ringe abrollbare Spiralgefässformen, an denen man alle Uebergänge von der dehnbaren Spiralfaser zu deren Auflösung in Ringe sieht.

Tab. XXIX.

Fig. 1. Längsschicht aus dem Stengel einer lebenden Pflanze von *Commelina coelestis*, durch ein Gefässbündel, um die Säftecyklose in dem Heerde und in den zerstreuten Gefässen des Zellgewebes zu zeigen. *a.* Spiralgefässformen, an denen man die Art der Auflösung der abrollbaren Spiralfaser in Ringe sieht, und ein grösseres, durch Längsstreifen netzförmiges Gefäss; *b.* Lebenssaftgefässbündel mit dem Heerde der Cyklose; die Ströme gehen hier in auf- und absteigender Richtung dicht nebeneinander, und die Anastomosen werden durch Gabeltheilungen vermittelt, wie gewöhnlich in den Bündeln, nur dass die Gefässe hier fein contrahirt sind; *c.* die feinen Gefässnetze der einzelnen Zellen, welche aber durch Ramificationen von dem Heerde aus (*e*) ihren Ursprung nehmen. Die Ströme bilden weite Netze und sind nicht auf einzelne Zellen beschränkt, sondern gehen über deren Scheidewände hinaus, laufen aber häufig an den Wänden grosse Strecken entlang, wodurch das Ansehen entsteht, als ob die Bewegung innerhalb der Zellen wäre. Zuweilen kommen mitten auf einer Zelle viele Ströme strahlenförmig in einem Punct zusammen (*f*), der das Ansehen eines herzartigen Gefässknotens hat. Die Richtung der Ströme ist durch Pfeile angedeutet. *d.* Ein gegliedertes Haar auf der Stengelepidermis, in welchem man ebenfalls die Cyklose in den feinen Gefässnetzen sieht.

Dieses Haar ist in Fig. 2. stärker vergrössert dargestellt. Es ist nicht einfach, sondern aus drei übereinander stehenden cylindrischen Zellen zusammenge-

setzt, und diese Zellen sind noch mit einer gemeinschaftlichen Zellenhaut überzogen. Die Ströme verlaufen meistens zwischen den Wänden der Innenzellen und der Wand der Aussenzelle, und gehen über die Querwände der Innenzellen fort, während jedoch viele zwischen den Doppelplatten der Querwände sich in die Tiefe senken, wodurch das Ansehen entsteht, als ob die Cyklose in jeder Zelle abgeschlossen wäre. Häufig kommen die Gefässe sternförmig an einzelnen Puncten zusammen, oft die meisten Gefässe mitten auf einer Zelle (*a*), wodurch ein herzartiger Knoten entsteht, der sich aber durch Contraction von Zeit zu Zeit wieder auflöst. Das Ganze bildet ein alle Zellenwände überziehendes und durchdringendes Netz. Die Pfeile zeigen die Richtung der Ströme.

Fig. 3. Durch Maceration gesonderte Lebenssaftgefässe, noch im Zusammenhange mit einigen Zellen aus dem Stengelparenchym von *Commelina coelestis.*

Tab. XXX.

Fig. 1. Die Hälfte einer unverletzten lebenden Stipula (nicht Bractea, wie auf der Tafel steht) von einer aufbrechenden Knospe bei *Acer platanoides.* Man sieht in dem Parenchym ein Stromnetz von meist paarweise nebeneinander laufenden auf- und absteigenden Strömen, die sowohl unter sich, als mit den Seitenströmen anastomosiren. Am oberen Rande gehen alle Ströme bogenförmig ineinander über. Die Pfeile deuten die Richtung der Ströme an.

Fig. 2. Die Hälfte eines lebenden unverletzten Kelchblattes von *Sagittaria sagittifolia,* worin man die Ströme der Cyklose sieht. Meist einzelne Ströme sieht man in der Richtung von der Basis nach der Blattspitze auf- und absteigen, und in bogenförmigen Anastomosen am Rande und an der Spitze ineinander umkehren. Die Ströme bleiben von der Spitze weit zurück, doch zeigt die Beobachtung nackter Zellenschichten, dass, von den grösseren Strömen aus, noch feinere contrahirte Ströme viel weiter sich verbreiten. Zwischen den Saftströmen sieht man Reihen von Spiralgefässen durchschimmern.

Tab. XXXI.

Fig. 1. Stück des lebenden Blumenkronenrandes von *Campanula rapunculoides* mit einem Haar, worin man die contrahirten Ströme des Milchsaftes sieht. Das Haar ist aus einem Gliede gebildet, an den entwickelten Kronen blau gefärbt, in der Knospe, wie bei den weissblühenden *Campanula*-Arten, farblos, in welchem

letzteren Zustande man die Strömungen am besten sieht. Die Ströme scheinen auf den ersten Blick nur auf- und abzugehen; in der That aber bilden sie durch viele Gabeltheilungen ein Netz mit gedehnten Maschen, worin überall die Ströme ineinander umkehren. An der Basis des Haares gehen die Ströme in das Parenchym des Kronenrandes (oder der Kronenfläche) über, und hängen mit den Gefässbündeln der Blumenkronenrippen zusammen.

Fig. 2. zeigt, dass die Kronenhaare nicht einfach sind, sondern aus doppelten Häuten bestehen, deren innere den Farbestoff enthält. Zwischen beiden verbreiten sich die Stromnetze.

Fig. 3. Stück eines Staubfadenrandes mit Haaren von *Campanula rapunculoides.* Die hier kürzeren, aber stärkeren und durchsichtigeren Haare, als an der Krone, zeigen ein weiteres Netz von stärkeren Strömen, an welchen die Anschwellungen und Verengerungen der Ströme deutlich hervortreten. An der Basis gehen auch hier die Ströme in die Parenchymzellen über.

Fig. 4. Lebendes Haar einer halbreifen Frucht von *Sicyos angulata*, mit einem Stück der Fruchtklappe. Das Haar ist gegliedert und besteht aus einer Reihe übereinander stehender cylindrischer Zellen, die durch eine gemeinsame continuirliche Zellenhaut verbunden sind. Die Stromnetze bewegen sich zwischen den Zellenmembranen, dringen aber auch in's Innere durch. Die auf- und absteigenden Ströme, deren Richtung durch Pfeile angedeutet ist, spalten sich gabelästig, wodurch die zugespitzten Maschen der Stromnetze entstehen. Angeschwollene Stellen, durch Expansion der Gefässe, bilden sich oft mitten auf den Gliederknoten der Haare. Die Ströme der Haarzellen gehen an der Basis in das Parenchym der Fruchthülle über.

Fig. 5. Lebenssaftkügelchen aus dem Blatt von *Ficus Carica.*

Fig. 6. Saftkügelchen des rotirenden Saftes aus dem Blatte von *Vallisneria spiralis*, um welche sich Blasen von grüner Farbe in den älteren Pflanzentheilen bilden.

Fig. 7. Kügelchen des Lebenssaftes aus der Rinde von *Acer platanoides.*

Fig. 8. Einfaches Schlauchglied aus der farblosen Wurzel von *Chara vulgaris*, mit der Säfterotation, zur Vergleichung mit der Cyklose in den Haaren der heterorganischen Pflanzen. Man sieht zugleich die Erscheinung der secundären

Rotation (vergl. Natur der lebendigen Pflanze. II. S. 477), und vorzüglich die stufenweise Umbildung der Kügelchen in Blasen.

Tab. XXXII.

Die drei ersten Figuren stellen die Entwickelungsgeschichte der Lebenssaftgefässschichten in der Rinde des Weinstocks nach verschiedenen Perioden dar.

Fig. 1. Durchschnitt einer jungen Weinrebe im Frühling. Die Gefässe sind noch in Bündel getrennt, deren jedes aus Spiralgefässen (*b*), Lebenssaftgefässen (*a*), und einer Bündeldecke von Bastzellen (*c*) besteht. Lebenssaft- und Spiralgefässe sind schon durch eine Cambiumschicht getrennt (*d*). Abwechselnd liegt, den Bündeln und Bündel-Interstitien gegenüber, unter der Rindenoberhaut ein Bastbündel (*e*).

Fig. 2. Einjährige Rebe im Herbst, quer durchschnitten. Die Gesammtheit der Gefässbündel ist seitlich zu Holz- und Rindenkörper (*e*) verwachsen. Die Bündel sind durch durchgehende Markstrahlen verbunden, jedes Bündel noch durch einen neuen, in der Mitte des Holzbündels entspringenden, Markstrahl getheilt, welcher von dem Holze (*b*) bis zu Ende der Gefässschichten der Rinde (*a*) sich erstreckt. Der Lebenssaftgefässtheil der Gefässbündel hat sich aus dem Cambium (*d.* Fig. 1.), gleichzeitig mit den Holzbündeln, zu mehreren Schichten im Laufe eines Sommers entwickelt, welche durch Bündeldecken getrennt sind (*a*). Sie bilden die Gefässrinde. Der äussere zellige Rindentheil mit den subepidermatischen Bastbündeln fängt an abzusterben.

Fig. 3. Querschnitt einer zweijährigen Weinrebe. Zwischen die einjährigen Holz- und Rindenschichten (*d* Fig. 2.) hat sich durch Fortsetzung der strahlenförmigen Entwickelung ein neuer Holzring (*b, c*) und eine mehrfache Schicht von Lebenssaftgefässen und Bündeldecken (*c, d*) eingeschoben. Die vorjährige Gefässrinde (*d, e*) trennt sich von der nun abgestorbenen, braunen Zellenrindenschicht, welche abfällt, so dass hier die Gefässrinde nackt erscheint.

Fig. 4. Frische Lebenssaftkügelchen aus der Frucht von *Musa paradisiaca*, im durchscheinenden Plasma schwimmend.

Fig. 5. Dieselben, halb eingetrocknet, wo sie eine dunkele Mitte zeigen.

Fig. 6. Lebenssaftkügelchen aus dem Stengel von *Sambucus Ebulus*, im feinkörnigen Plasma schwimmend.

Fig. 7. Dieselben, halb eingetrocknet.

Fig. 8. Lebenssaftkügelchen aus der halbreifen Frucht von *Ficus Carica*.

Fig. 9. Dieselben, im Eintrocknen begriffen.

Fig. 10. Verschiedene Formen von knolligen und stabförmigen Lebenssaftkügelchen von *Euphorbia meloformis*, durch Verschmelzung kleinerer Kügelchen entstanden (vergl. §. 34. S. 121—128).

Tab. XXXIII.

Fig. 1. und 2. Zur Entwickelungsgeschichte der Gefässrindenschichten der Linde *(Tilia europaea)*.

Fig. 1. Querschnitt des einjährigen Zweiges der Linde im Herbst. *b*. Holz; *a*. Rinde; *cd*, *cd*, *cd*. Gefässrindenschichten mit Bastbündeldecken alternirend; *e*. Zusammengesetzte Rindenepidermis.

Fig. 2. Durchschnitt der Rinde vom Stamm einer älteren Linde; *b*. Holz; *a* 1.—*a* 3. Mehrfache Jahresschichten der Gefässrinde, worin Bastzellen und Gefässe abwechseln. Gegen den Umfang hin verschwindet die Begrenzung der Jahresschichten. Das Rindenzellgewebe drängt sich keilförmig zwischen die ursprünglichen Gefässbündel ein, wodurch an mehreren Stellen die Markstrahlen stark seitlich ausgedehnt werden, und die Gefässbündel selbst sich mannichfach spalten. Die ältesten Schichten der Bündel im äusseren Theile der Rinde, entsprechend den innersten Holzschichten, sind einfach geblieben und gar nicht oder durch wenige Markstrahlen getheilt. Die innersten Gefässrindenschichten theilen und verbreitern sich entsprechend den äusseren Holzschichten.

Fig. 3. und 4. Zur Entwickelungsgeschichte der Gefässrindenschichten der Birke *(Betula alba)*.

Fig. 3. Durchschnitt des einjährigen Zweiges im Herbst. *b*. Holz; *a*. Lebenssaftgefässschicht der Rinde, deren Grenze durch das Aufhören der Markstrahlen kenntlich ist; *c*. Bastbündeldecken, seitlich zu einer Schicht vereinigt, die von einer Zellenschicht umgeben ist, welche die Oberhautlamellen producirt.

Fig. 4. Durchschnitt der Rinde eines älteren Birkenstammes. *b.* Holz; *a*1. *a*2. *a*3. *a*4. Jahresschichten der Gefässrinde, durch Zellenschichten gesondert. Diese Schichten werden in dem älteren Theile der Rinde, so weit die Markstrahlen reichen, durch Verschmelzung unkenntlich. *c. c*1. Durch Verschiebung nach innen zwischen die Gefässschichten gerückte Bastbündel, welche sich von der äusseren Schicht (*c.* u. *c.* Fig. 3.) abgelöst haben; *d.* ältere Oberhautschichten, welche sich abblättern; *d* 1. jüngste Oberhautschicht, noch mit der sie producirenden Zellenschicht in Verbindung.

Zusatz zu § 78.

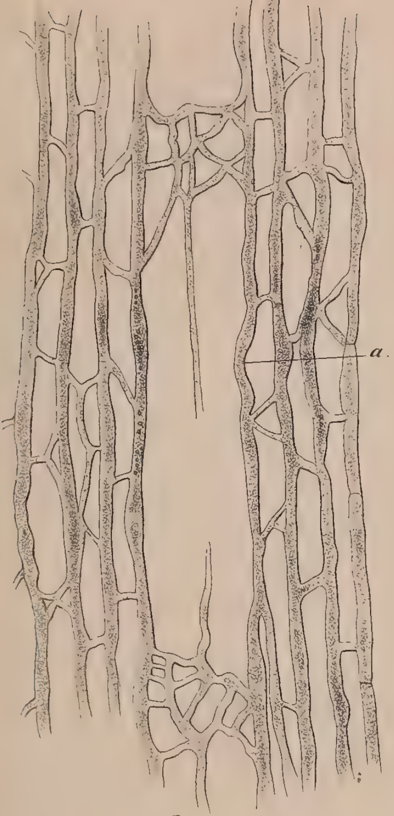
In jüngeren Stengeln, besonders einjähriger und perennirender synorganischer Pflanzen, sind die Bündelscheiden oft noch wenig entwickelt, so dass die Gefässbündel noch nicht fest von ihnen eingeschlossen erscheinen, wie in den Blüthenschäften der Liliaceen; aber die Stärke der Scheiden nimmt mit der Verdickung der Zellenwandungen im Alter zu, weshalb man sie in älteren Stämmen, besonders der baumartigen Synorgana, am stärksten entwickelt findet, wie vorzüglich in den Palmenstämmen. Hier schliessen sie daher die Bündel von Lebenssaft und Spiralgefässen ausserordentlich fest ein, so dass die Gefässe sehr schwer aus solchen Bündeln zu sondern sind. Das Einschliessen der Gefässbündel in Bündelscheiden nimmt also mit dem Alter zu. Bei den dichorganischen Bündeln ist der entgegengesetzte Entwickelungsgang, indem hier ursprünglich die Gefässe beider Systeme auch in Bündel vereinigt sind, die sich aber später durch natürliche Ablösung von einander sondern, und zu Holz- und Rindensystem entwickeln.

Gedruckt bei GRASS, BARTH UND COMP. in Breslau.

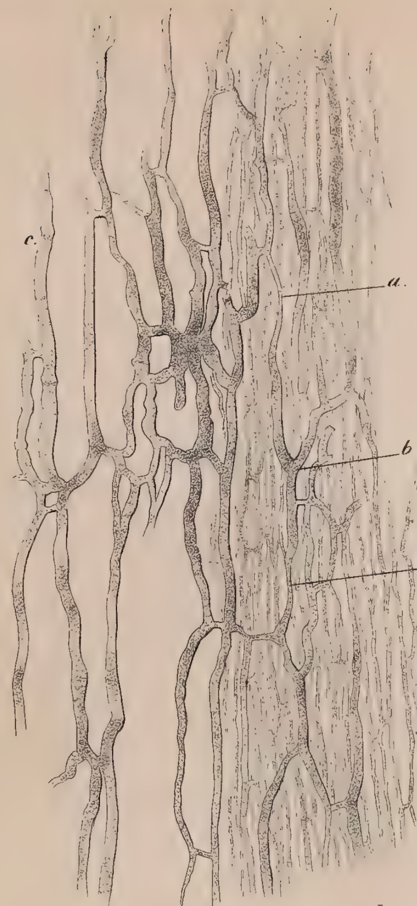
Druckfehler.

Seite 46	Zeile 13	lese man:	Beobachtungen st. Betrachtungen
— 50	— 18	—	geboten hat: die Bildung u. s. w. statt geboten hat. Die Bildung u. s. w.
— 52	— 14	—	mittelbar st. unmittelbar
— 59	— 2	—	präparirten st. präparativen
— 64	— 2	—	das beweisen st. des Beweises sind
— 64	— 17	—	auch st. sich
— 65	— 20	—	Aufsteigen st. Absteigen
— 75	— 18	—	alte st. alle
— 85	— 2	—	unterbrochen st. ununterbrochen
— 85	— 8	—	ergiessen st. ergiesst
— 93	— 17	—	Sarrabat st. Sarrabal
— 106	— 27	—	ernährungsfähigen st. annäherungsfähigen
— 112	— 25	—	wichtig st. richtig
— 142	— 20	—	eben st. oben
— 185	— 18	—	Juntipur st. Junkipur
— 200	— 2	—	Sauerstoffaushauchung st. Sauerstoffaufhäufung
— 201	— 23	—	*Papaver orientale* st. *Papaver orientalis*
— 203	— 4	—	Plasticität st. Elasticität
— 231	— 9	—	ununterbrochen st. unterbrochen
— 262	— 17	—	verbreitern st. verbreiten
— 274	— 10	—	jüngeren st. geringeren
— 287	— 7	—	wenig milchig st. milchig
— 318	— 5	—	rein peripherische st. veniperipherische
— 328	— 17	—	Centralität st. Contractilität

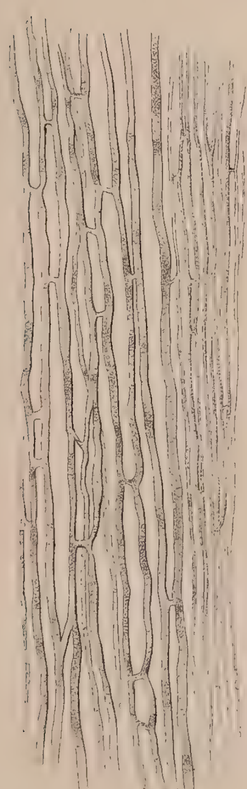
1



2



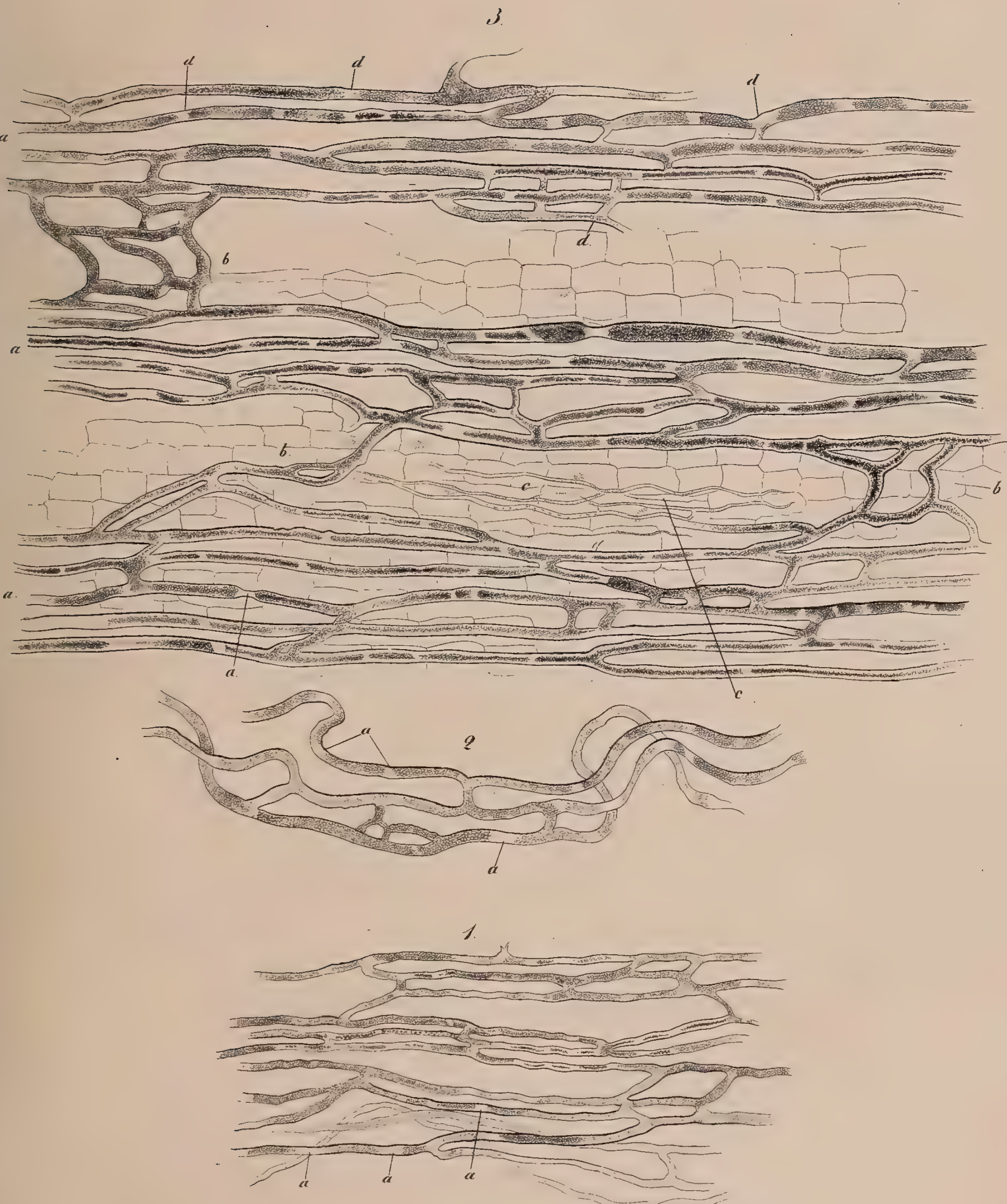
3



4



1. Sonchus palustris. 3. Camp. carp.
2. Sonchus fruticosus. 4. Camp. specios.



1. Leontodon Taraxacum. 2. 3. Sonchus Plumierii

Fig. 1

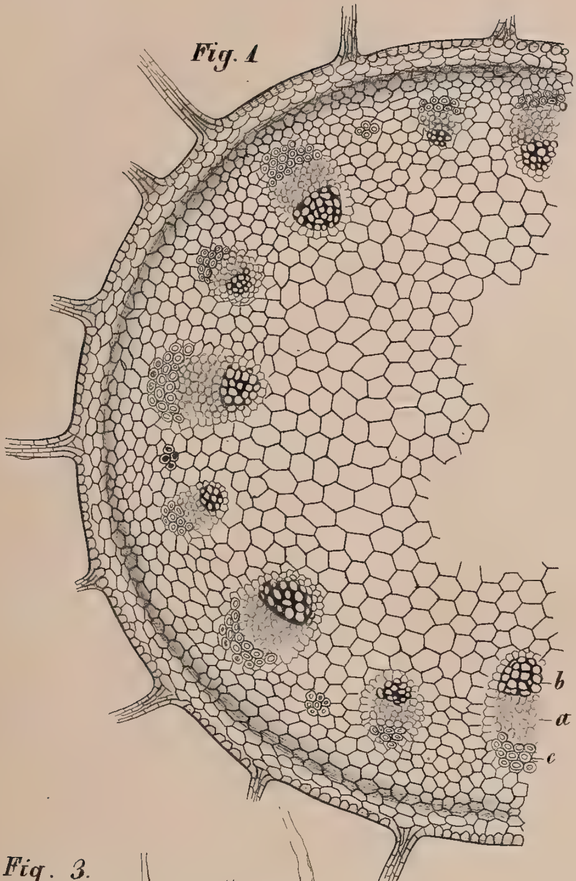


Fig. 2

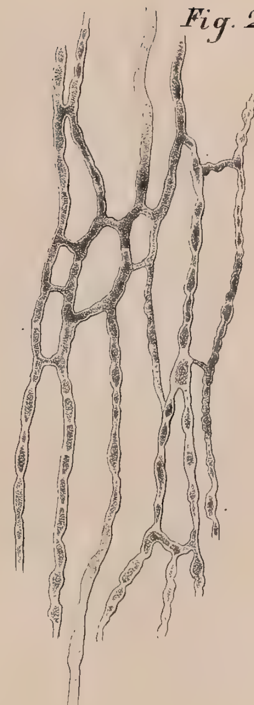


Fig. 3.

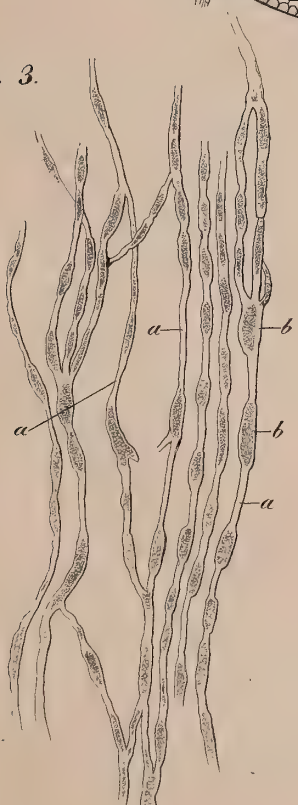


Fig. 4



1 2. *Papaver nudicaule.* 3. *Papav. dubium.* 4. *Papav. somniferum.*

Fig. 1

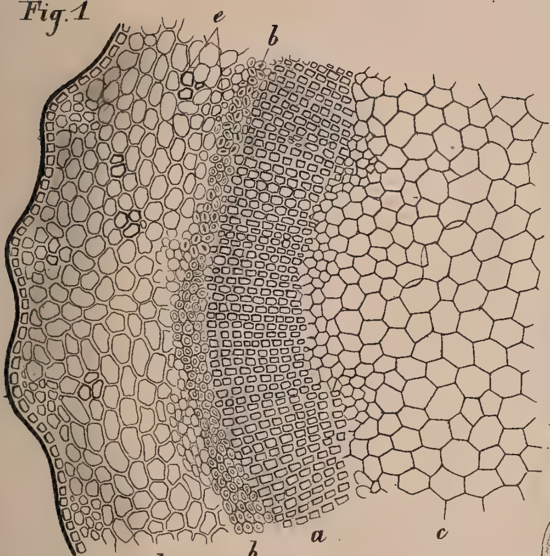


Fig 2

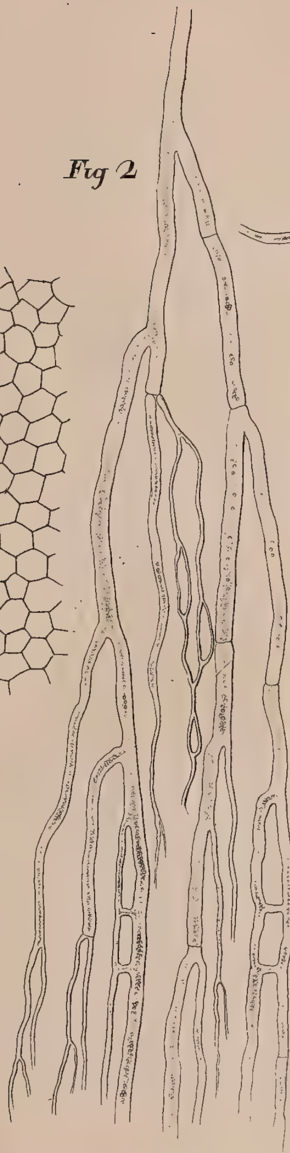
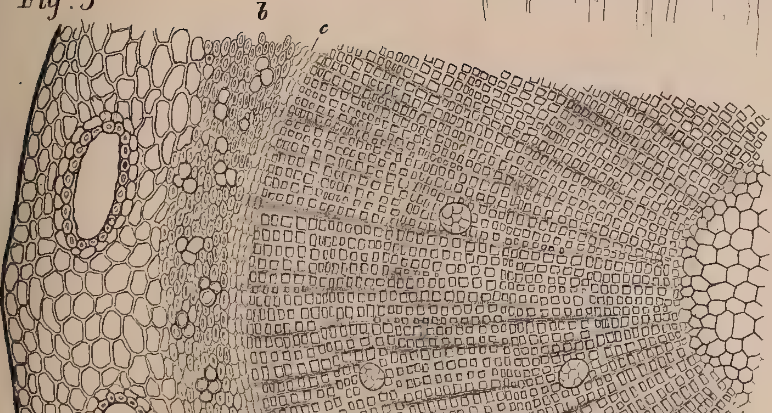


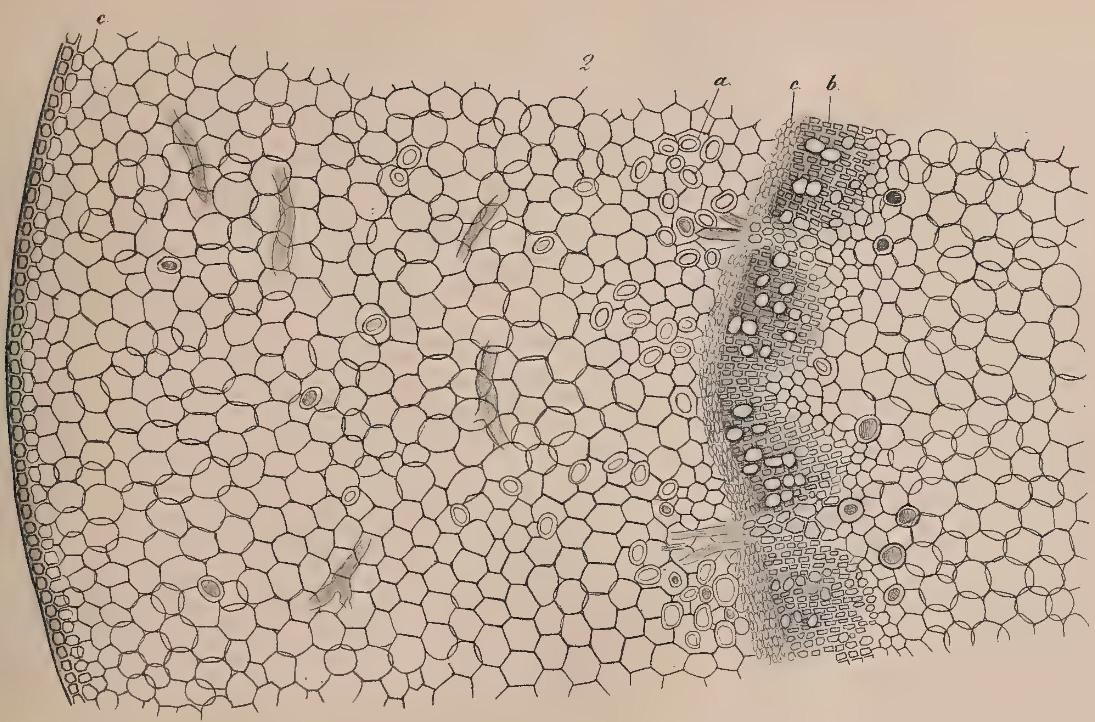
Fig. 4

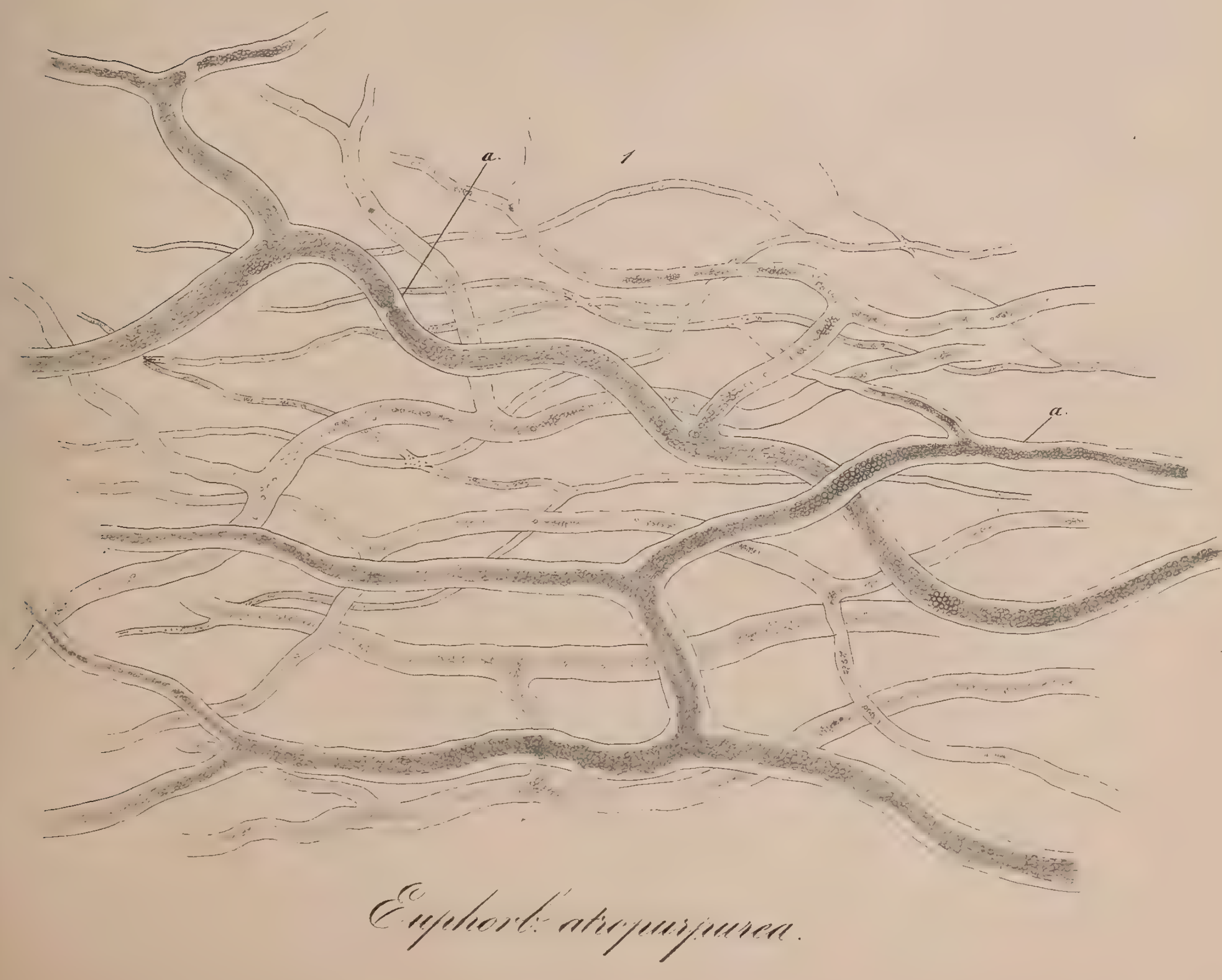


Fig. 3

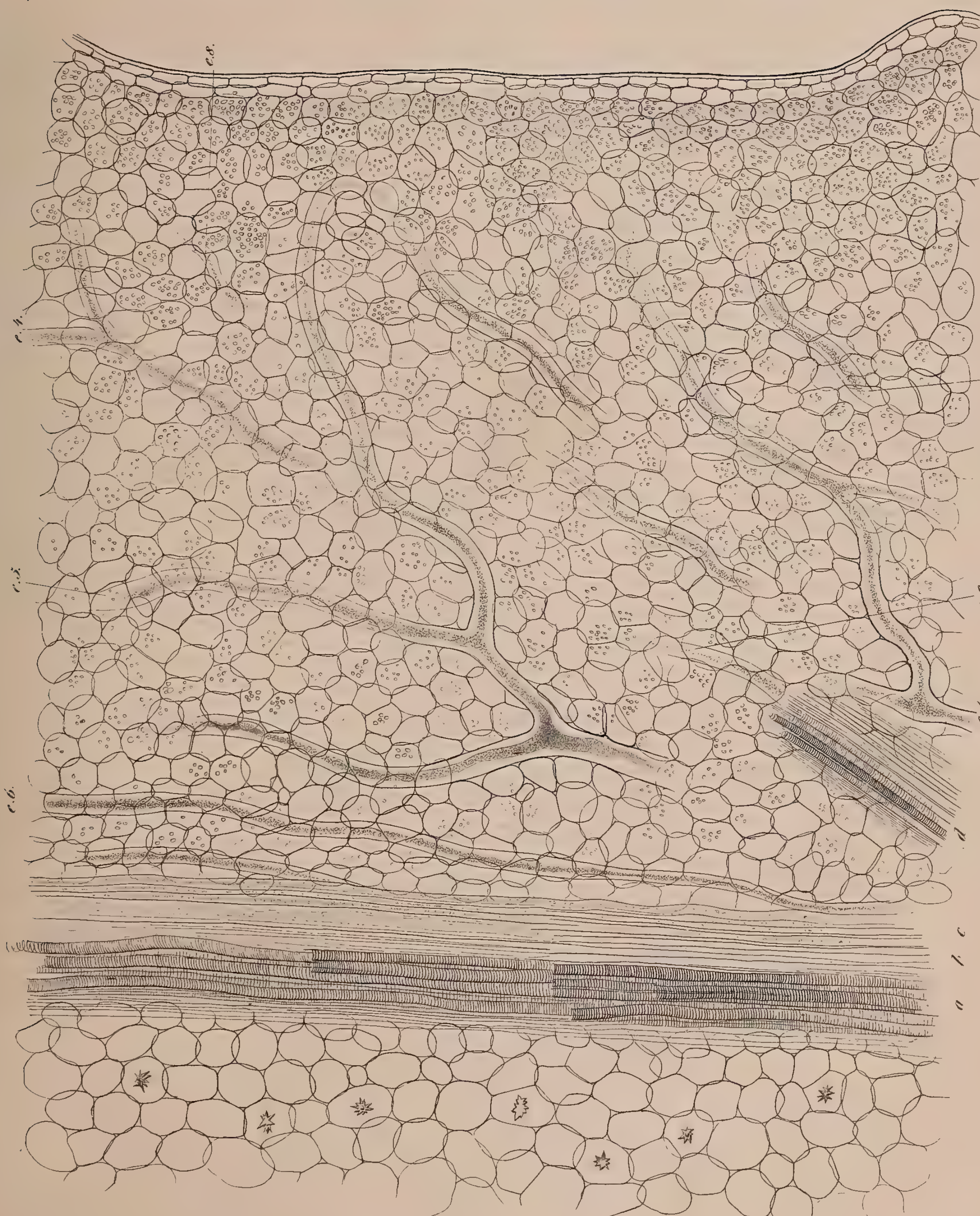


1. 2. *Ephedra distachya.* 3. 4. *Pinus Strobus.*

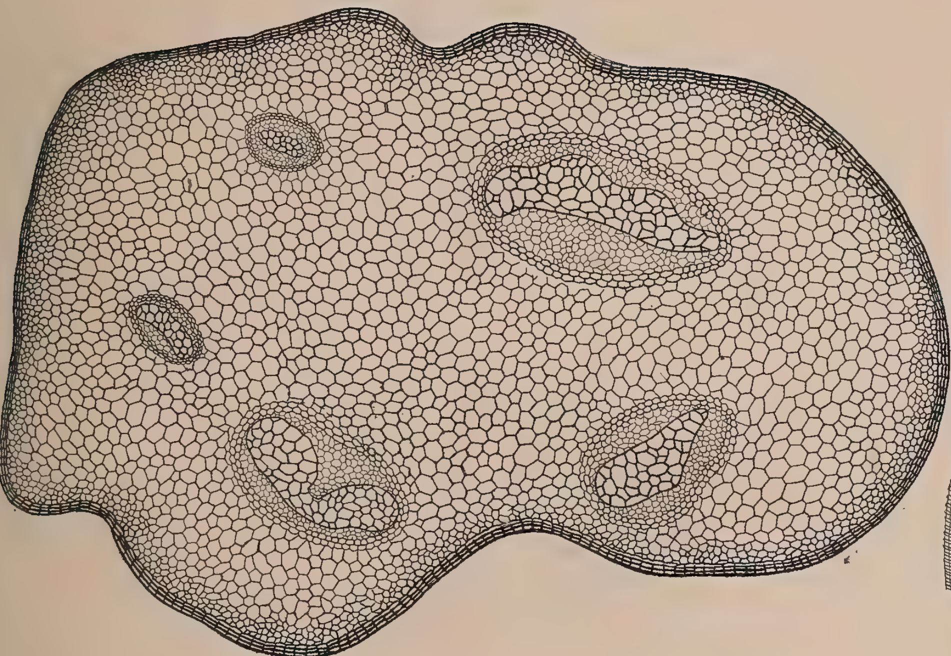




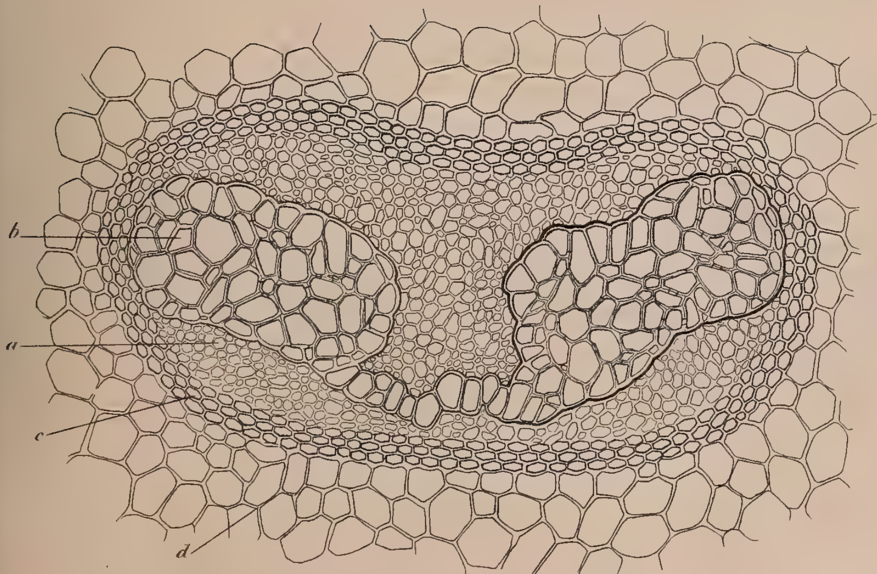
Euphorb: atropurpurea.

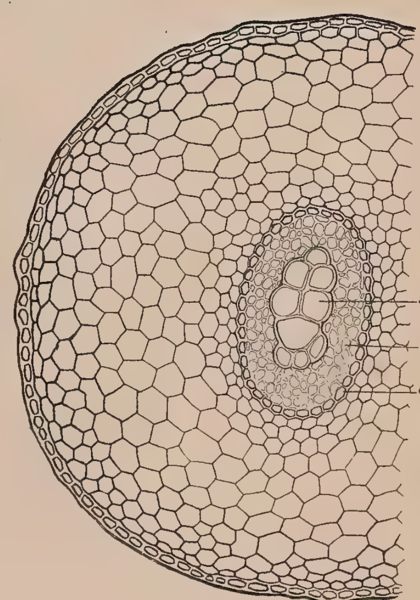


Euphorbia atropurpurea.



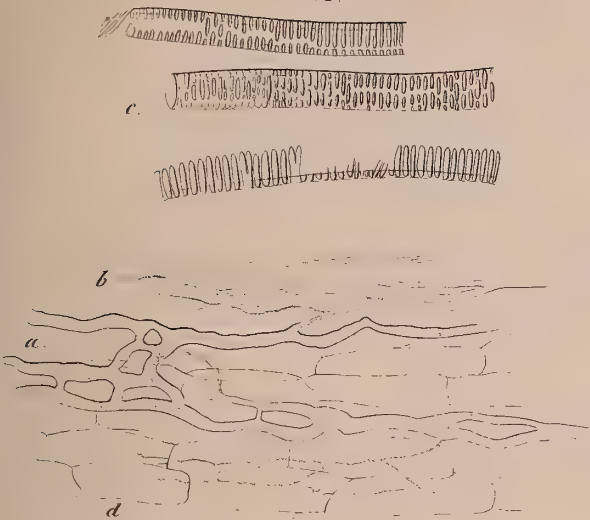




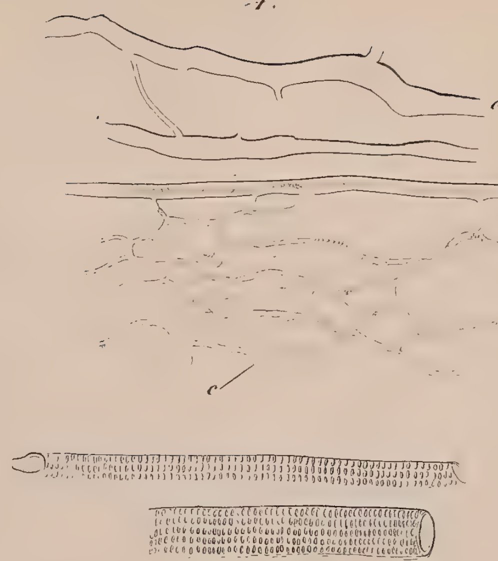


Struthiopteris germanica

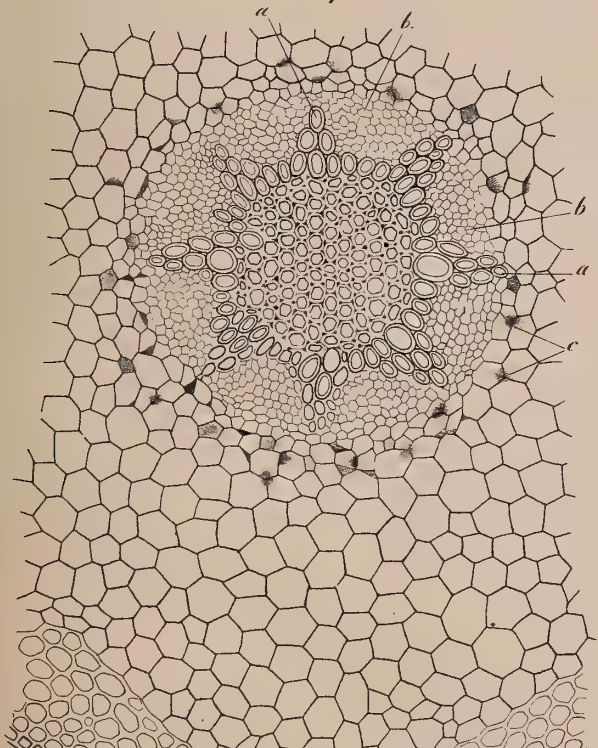
2



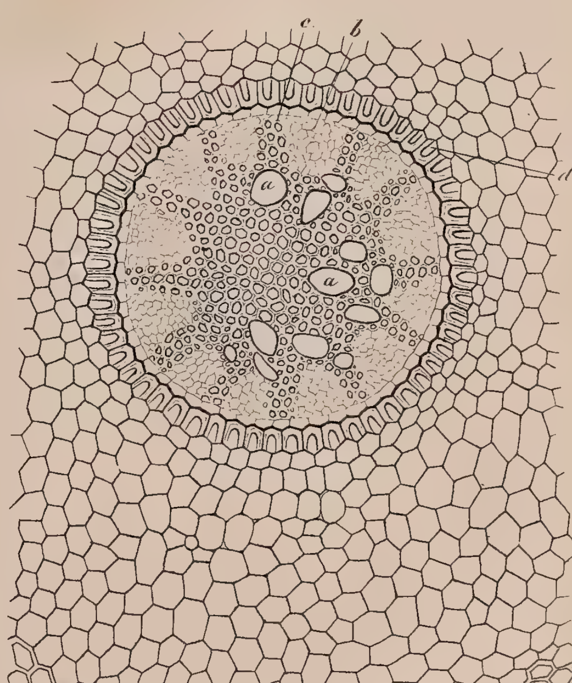
4.



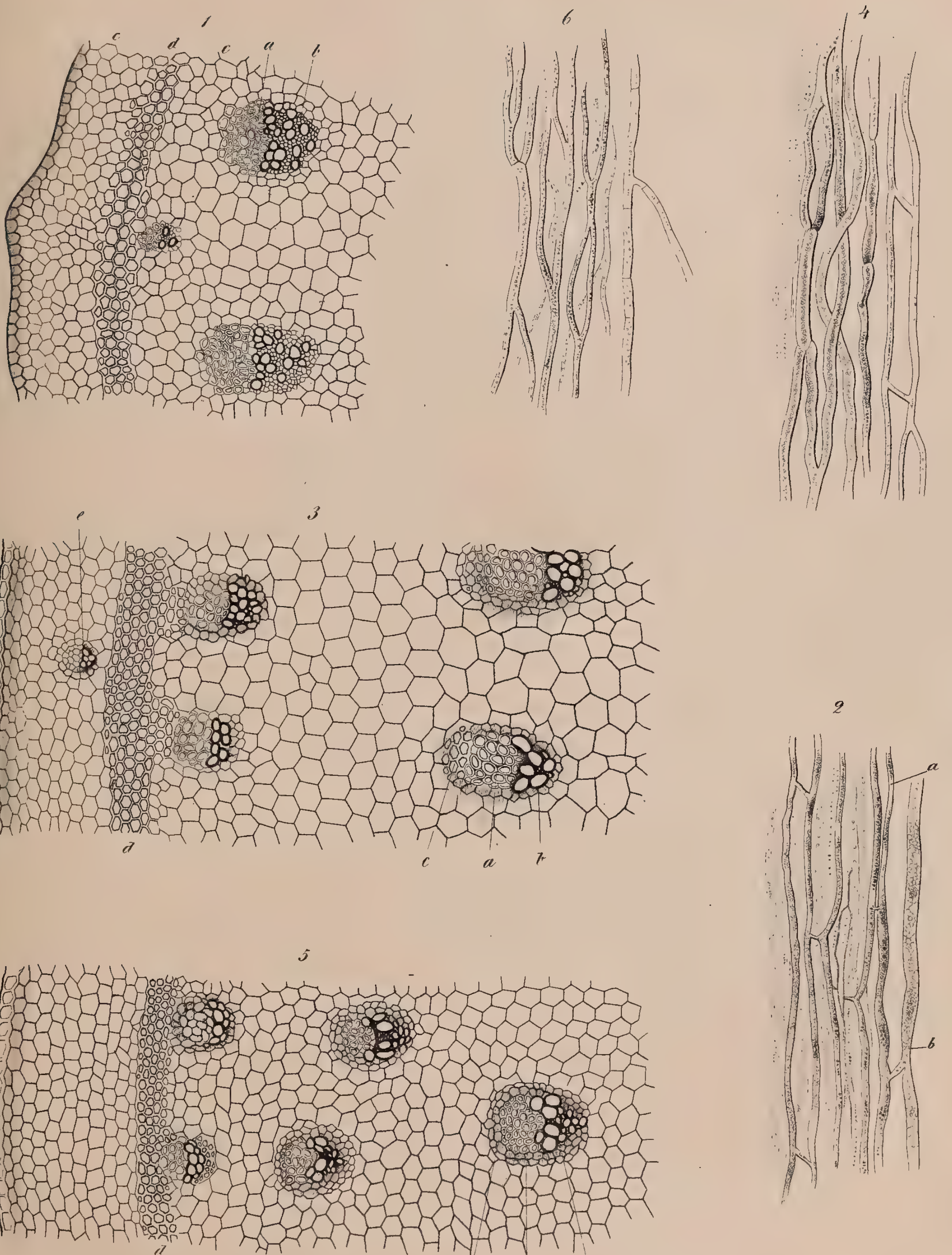
1



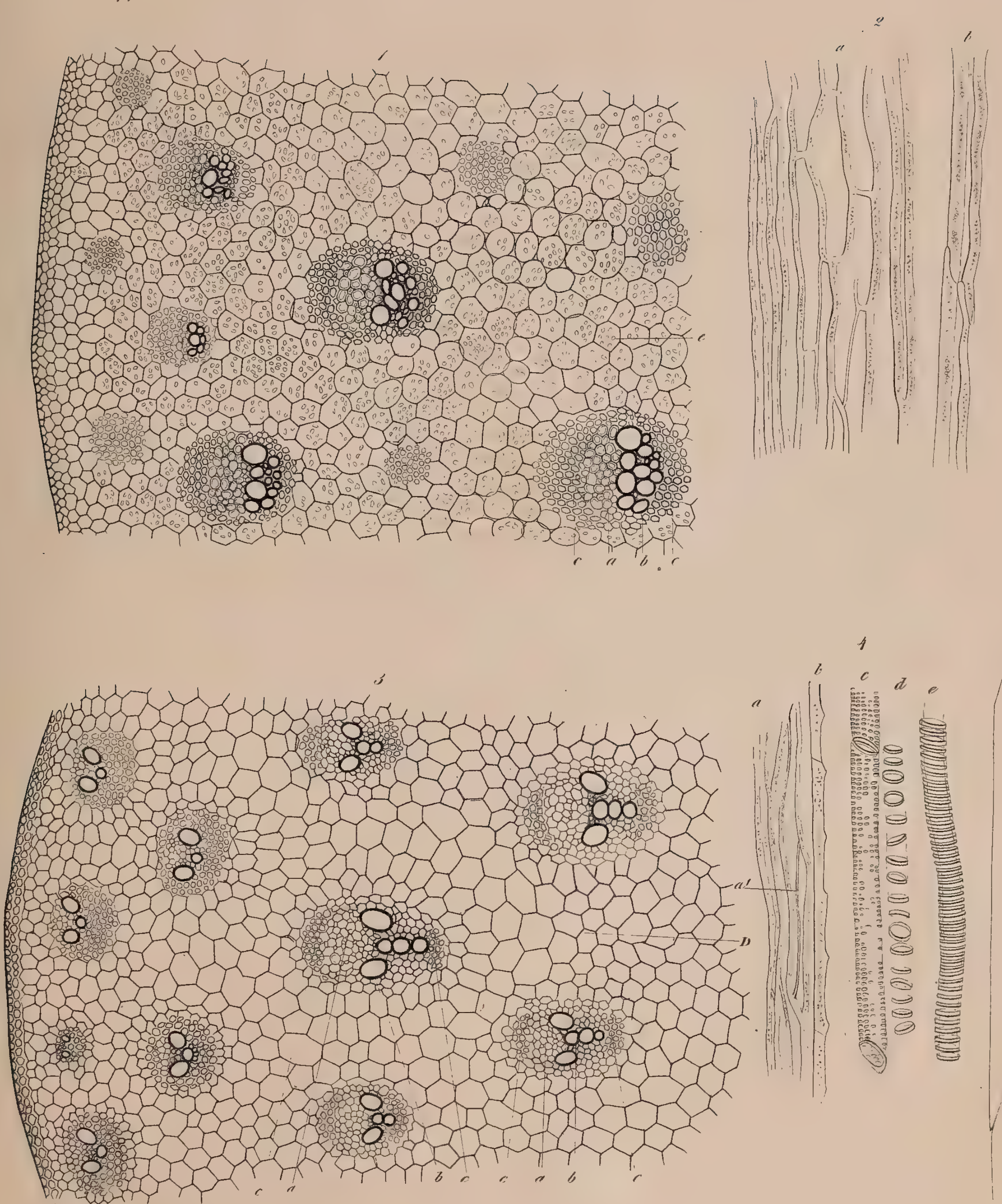
3.



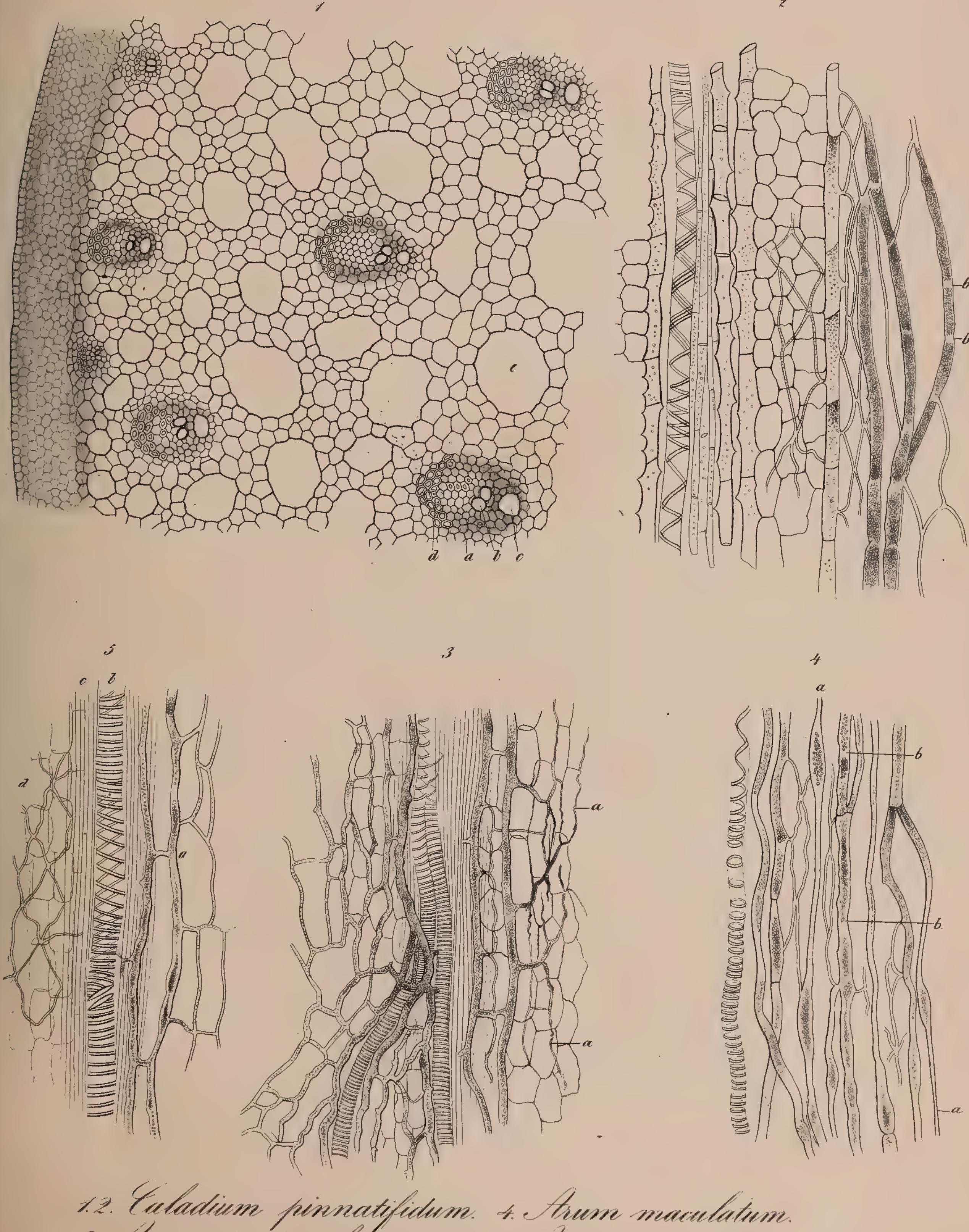
1. 2. Bernhardia dichotoma. 3. Iris sambuc. Radix. 4. Iris german. Vasa fructus.



1. 2. *Orchis latifolia.* 3. 4. *Iris florentina.* 5. 6. *Convallar. latifol.*

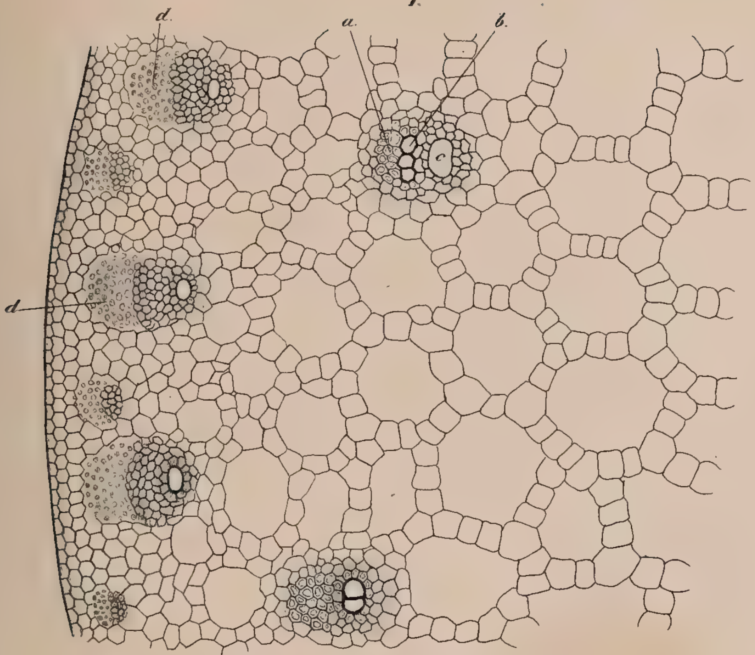


1. 2. Phoenix dactylifera. Petiolus & Vasa laticis fructus.
3. 4. Zea Mays. Caulis.

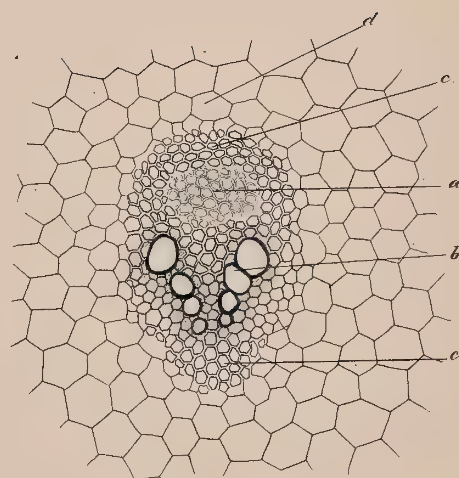


1.2. Caladium pinnatifidum. 4. Arum maculatum.
3. Arum purpurascens. 5. Arum macrorhizon.

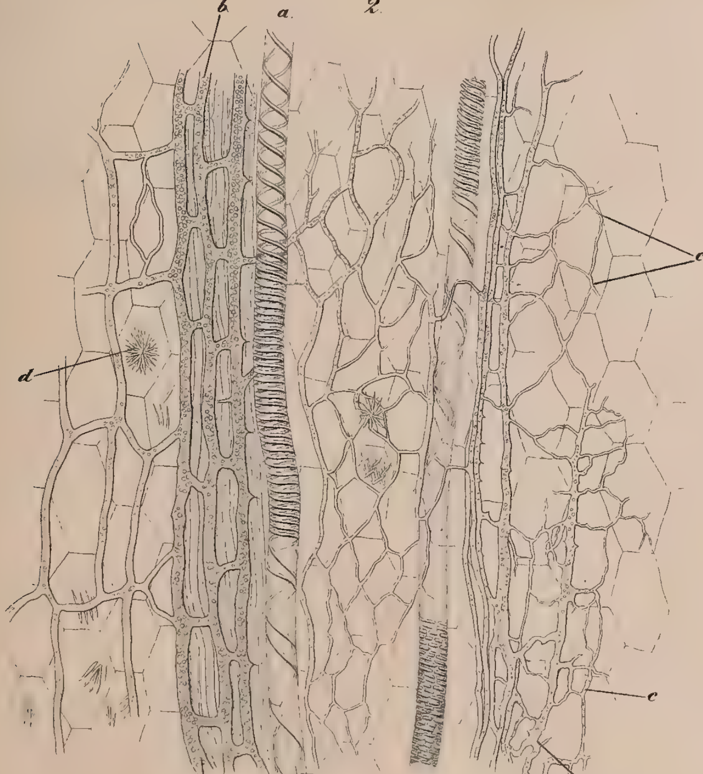
1.



4.



2.



3.

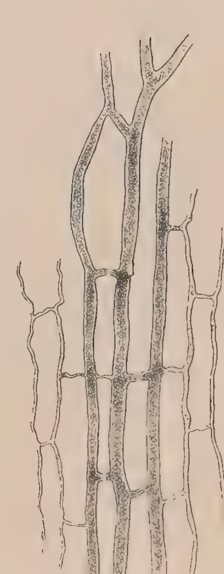
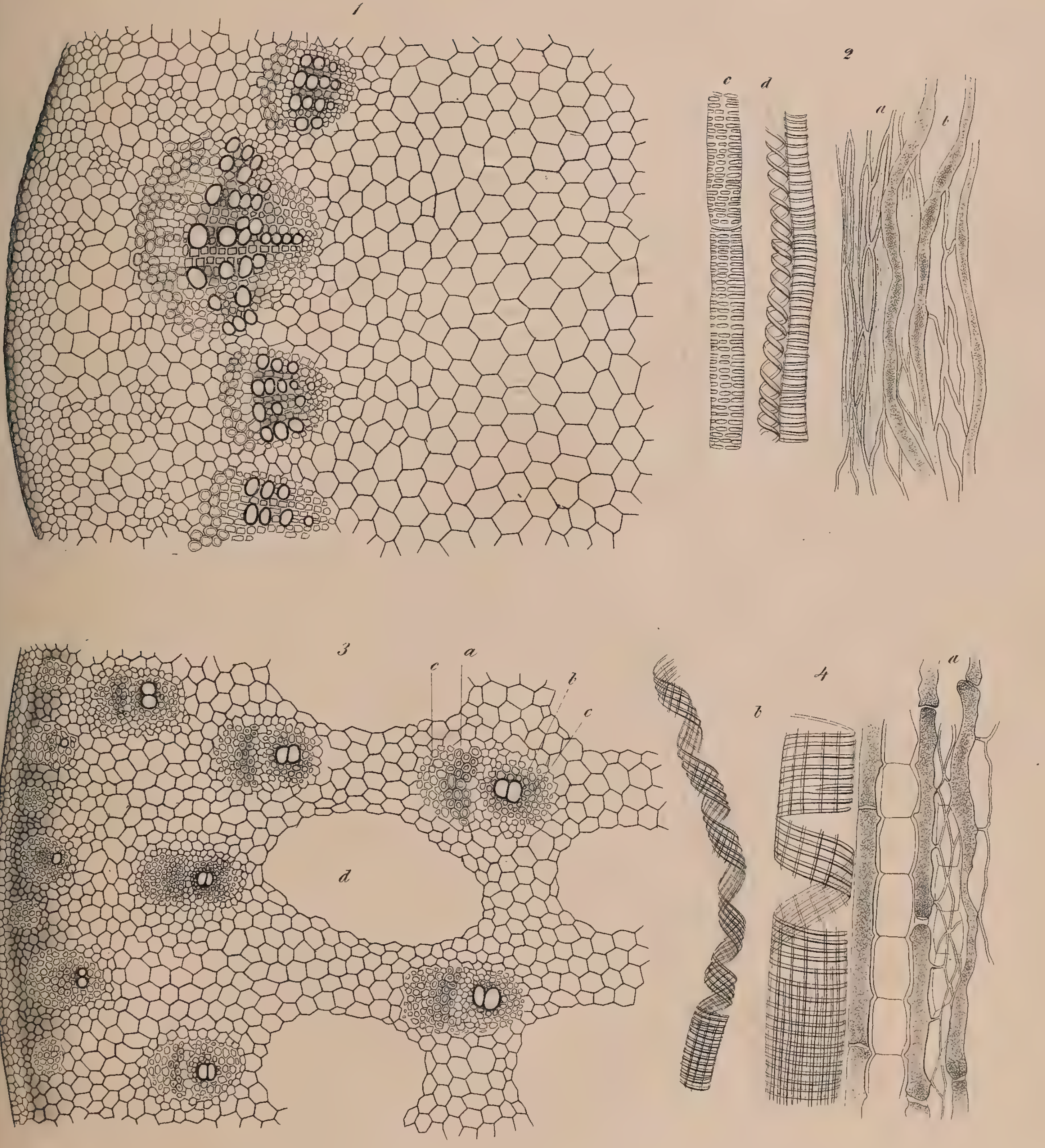
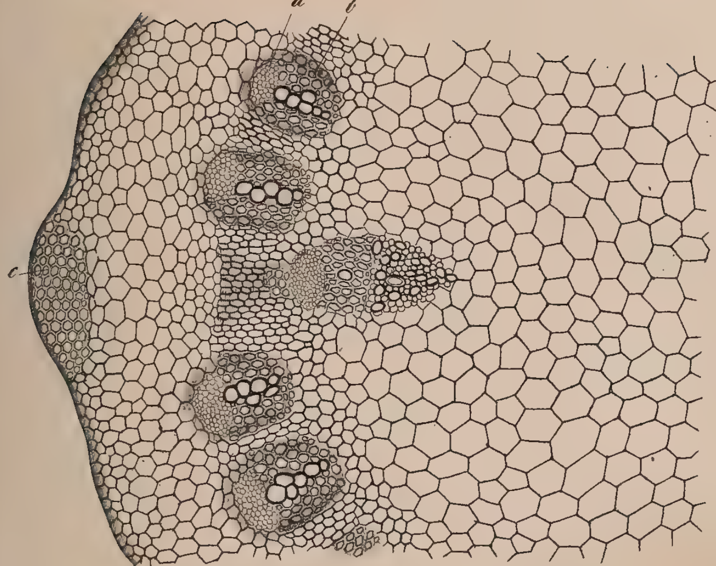


Fig. 1. 2. *Caladium esculentum.* Fig. 3. 4. *Dracaena Draco.*

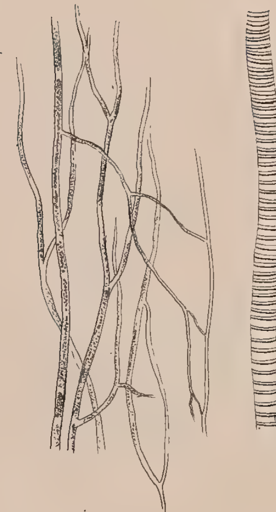


1. 2. *Cecropia peltata.* 3. 4. *Urania speciosa.*

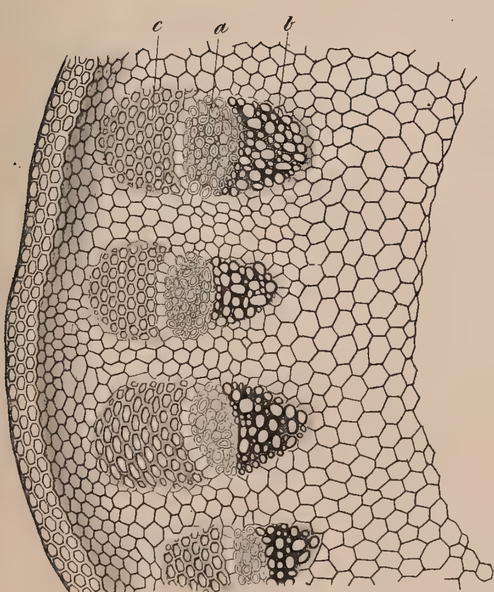
1



2



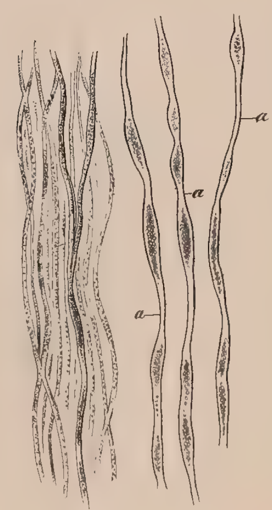
3



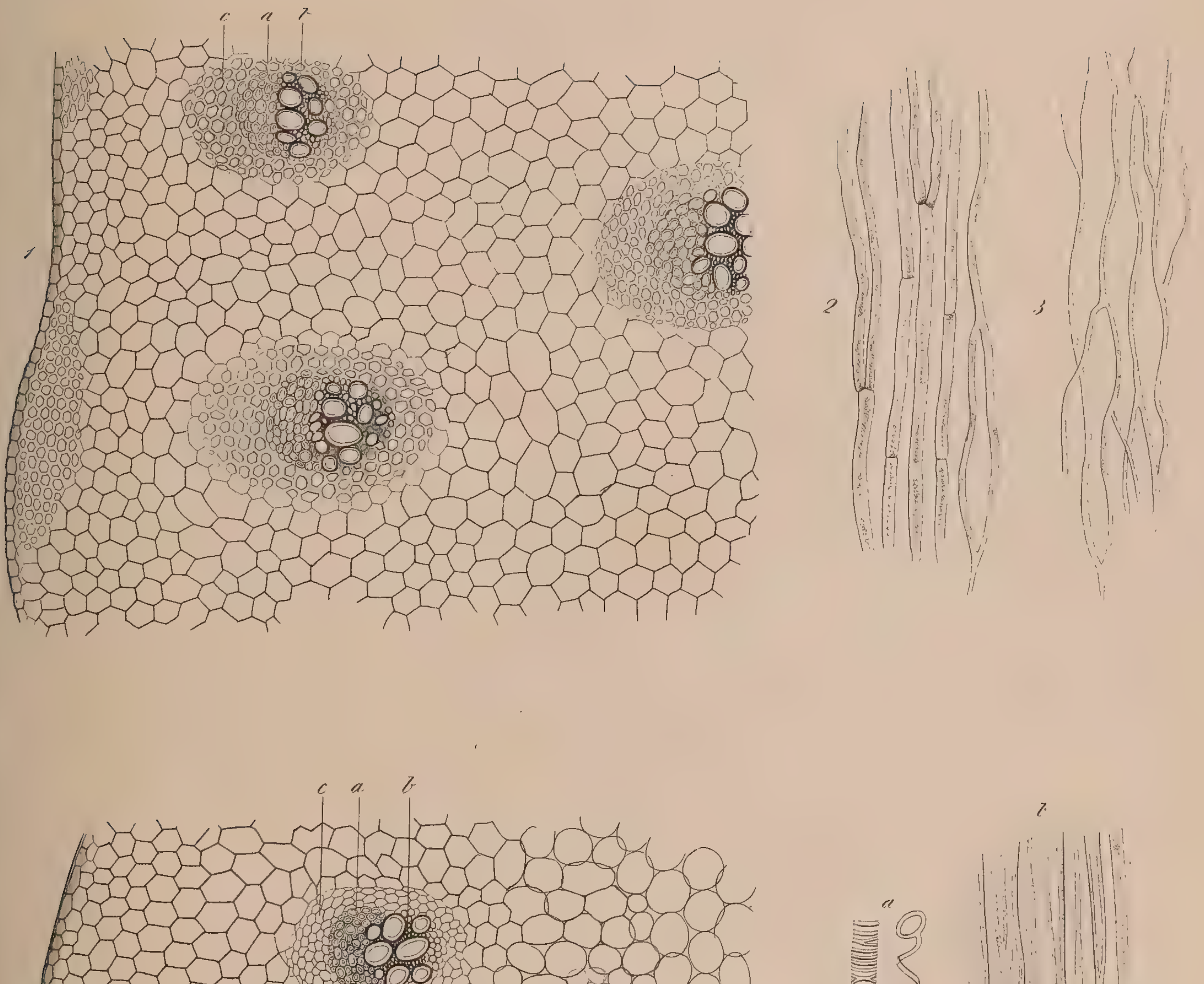
4



5

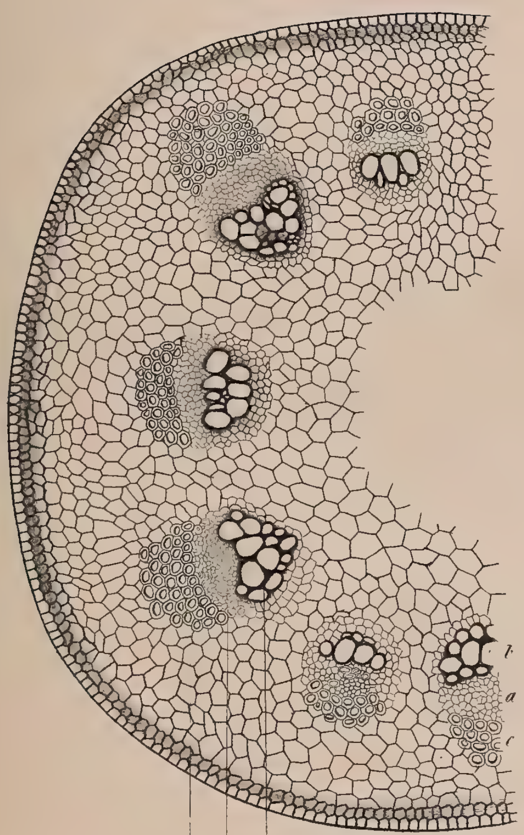


1. 2. Atriplex hortensis. 3. 5. Delphinium elatum.
4. Paeonia officinalis.

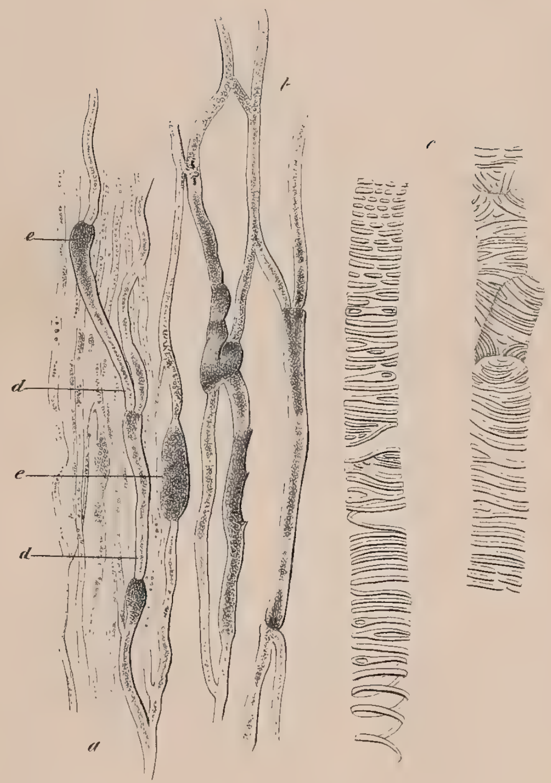


1.2. Rumex Hydrolapathum. 3. Rumex scutatus.
4.5. Rheum rhaponticum.

1

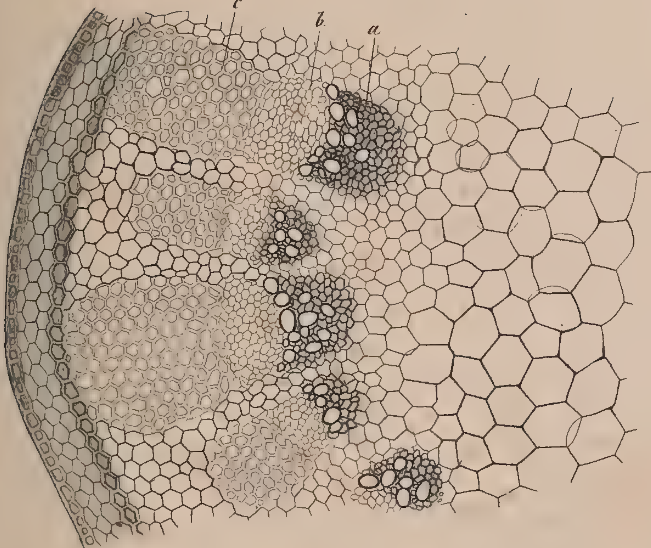


2

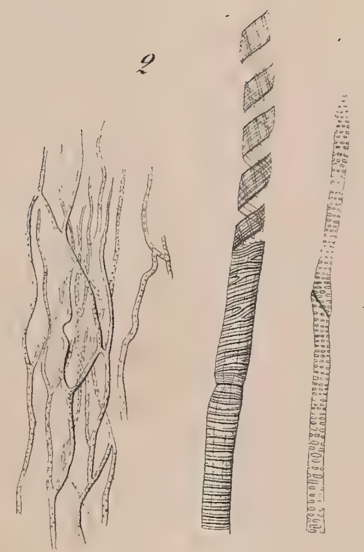


1. 2. *Chelidonium majus.*

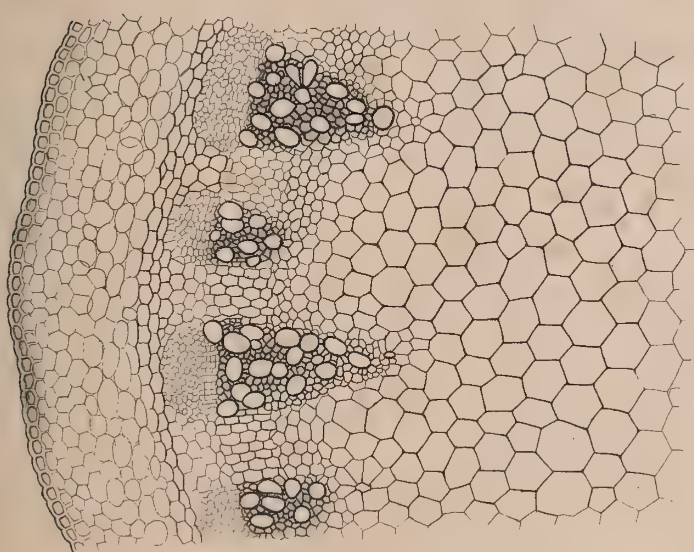
1



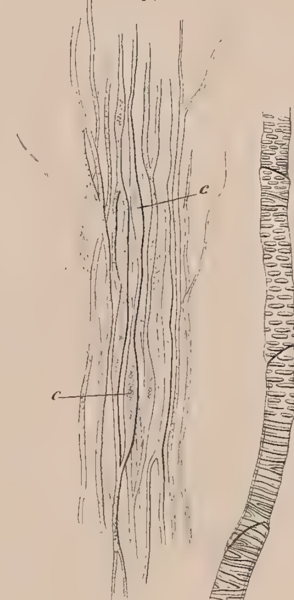
2



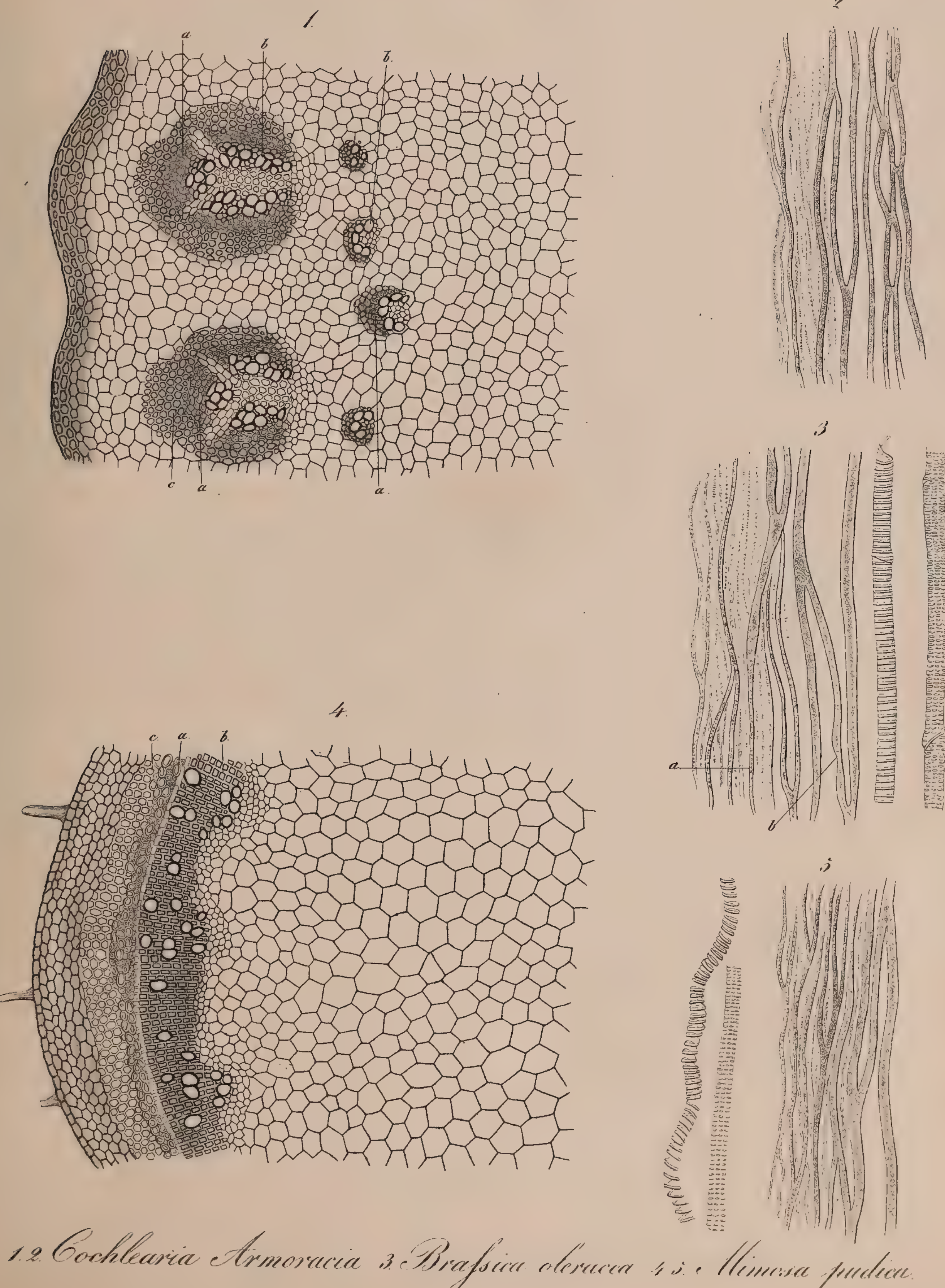
3.



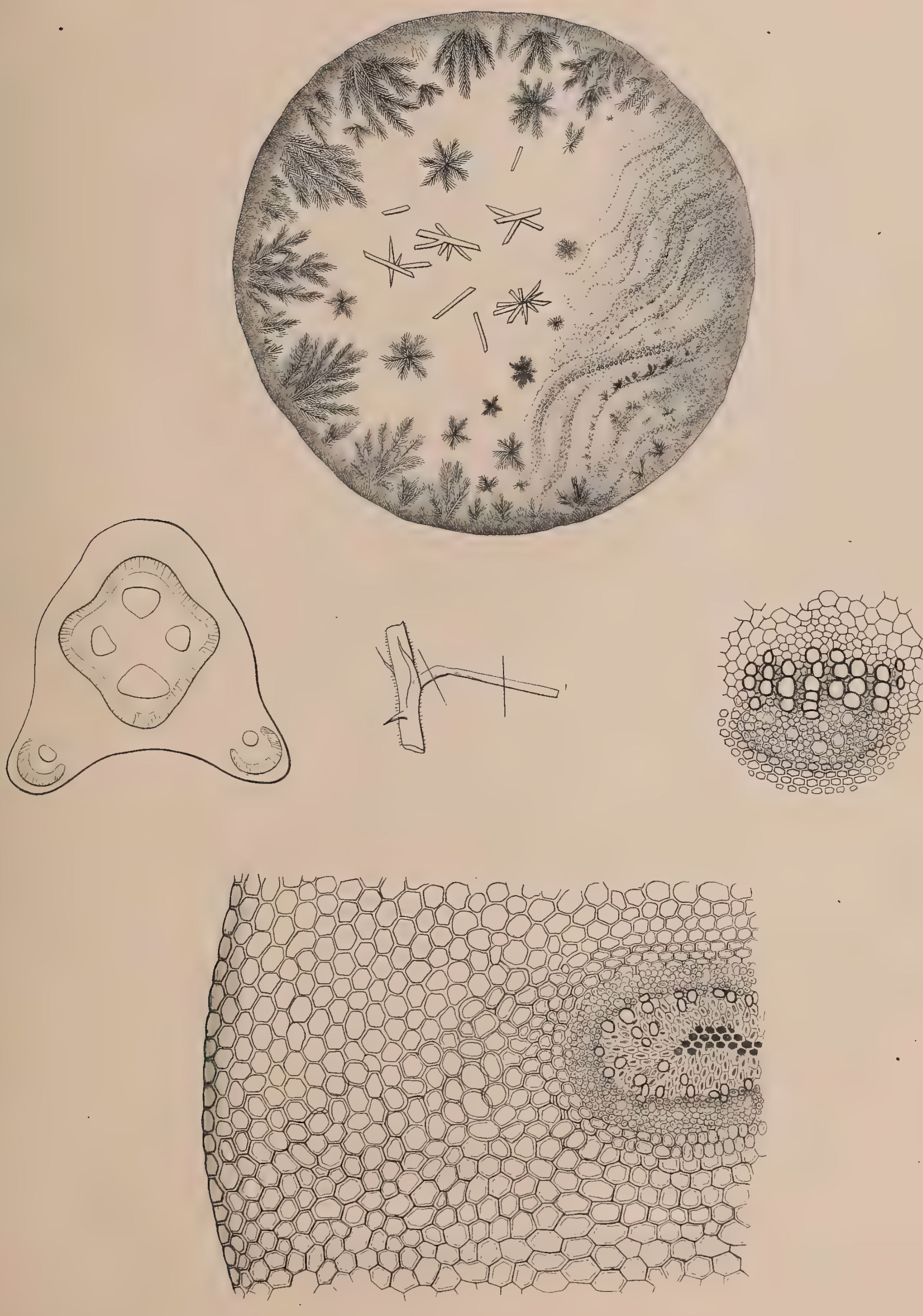
4.



1. 2. Bocconia cordata. 3. 4. Tropaeolum majus.



1. 2. Cochlearia Armoracia 3. Brassica oleracea 4. 5. Mimosa pudica.



Mimosa pudica

Fig. 1

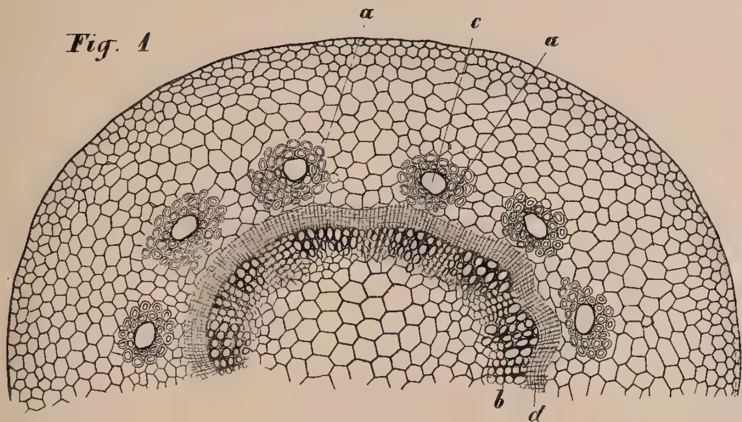


Fig. 2

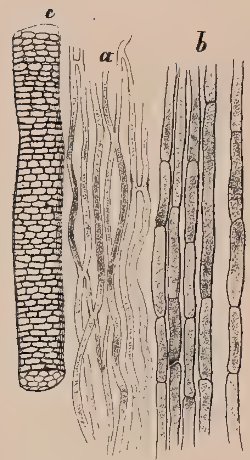


Fig. 3

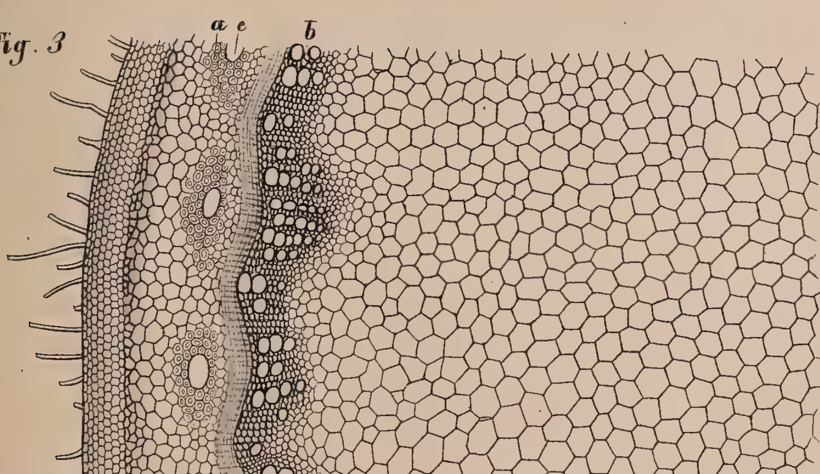
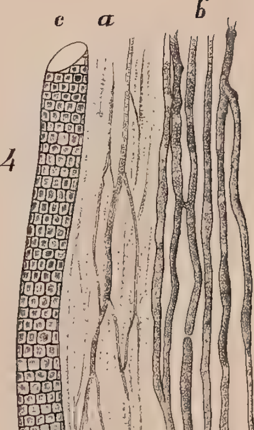
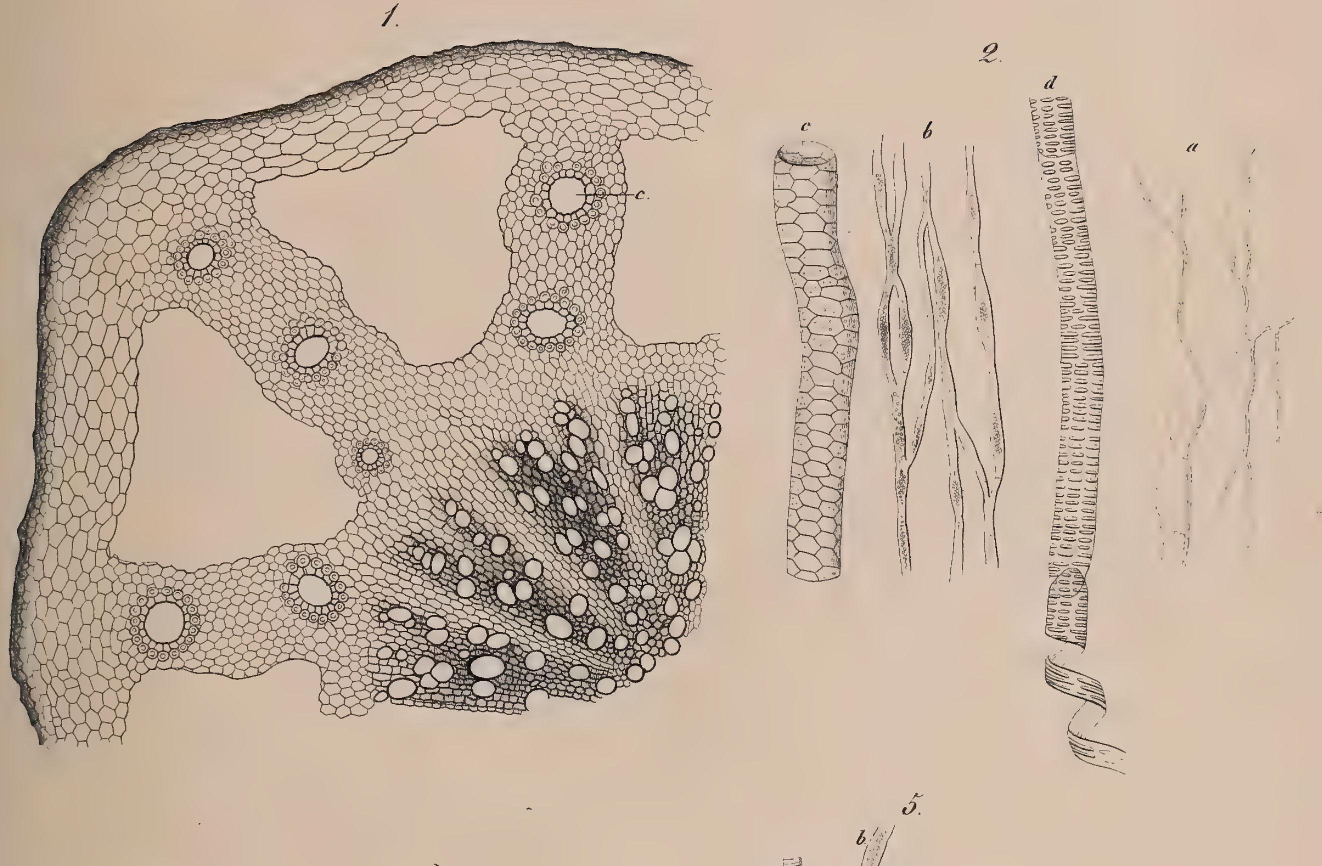


Fig. 4

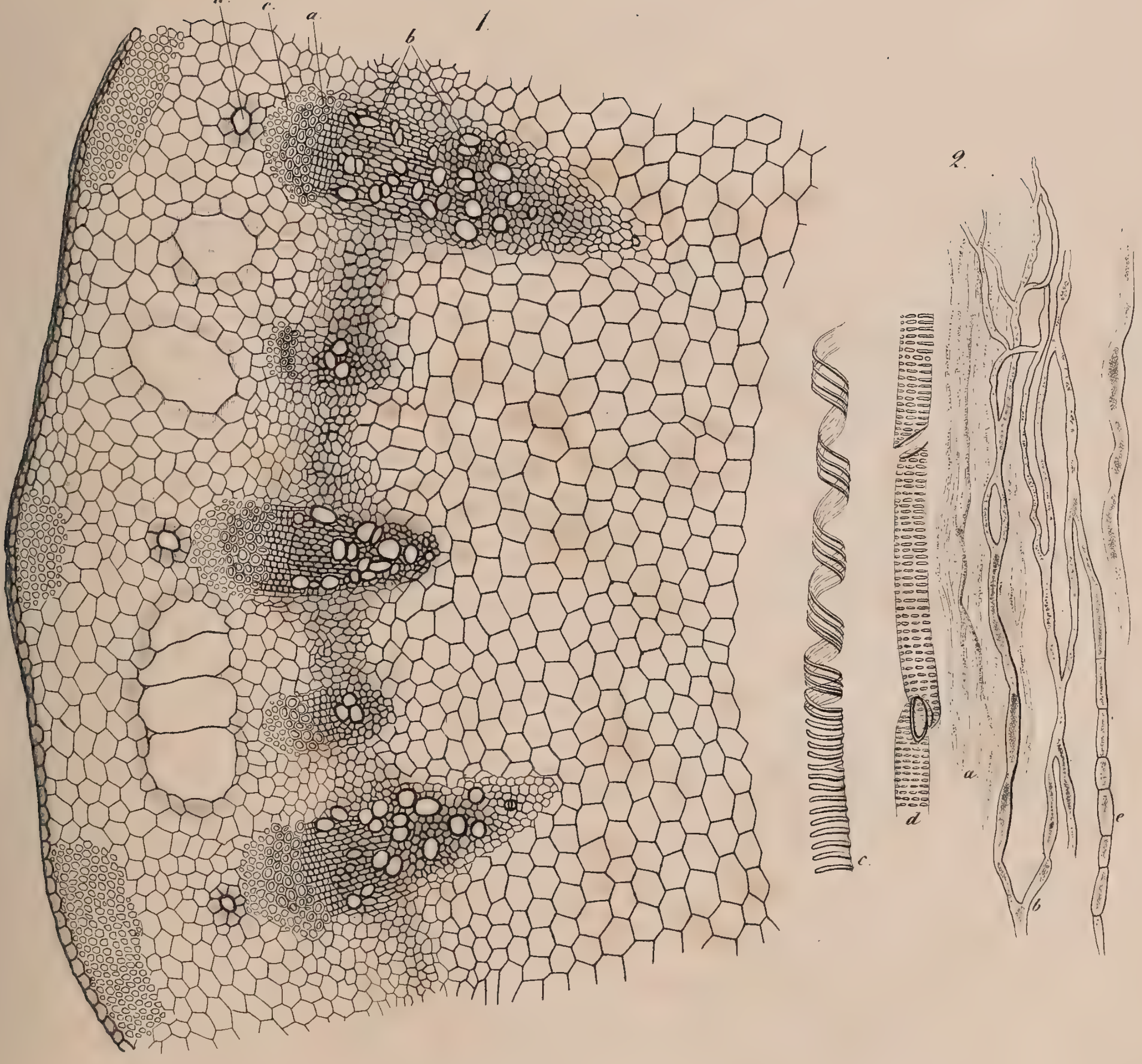


1. 2. Schinus molle. 3. 4. Rhus coriaria.



Angelica Archangelica

1. 2. *Radix.* 3. 4. *Caulis.* a. b. *Vasa laticis.* c. *Canalis balsami.* 5. *Folium.* d. *Vas spirale.*



1. 2. *Cicuta virosa.*

Fig. 1.

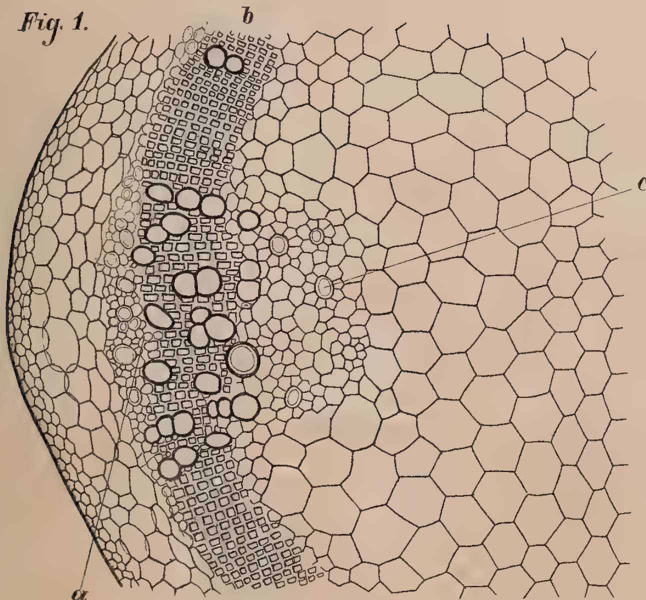
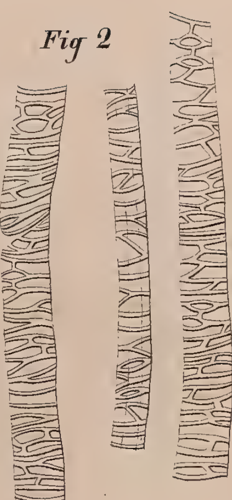


Fig 2



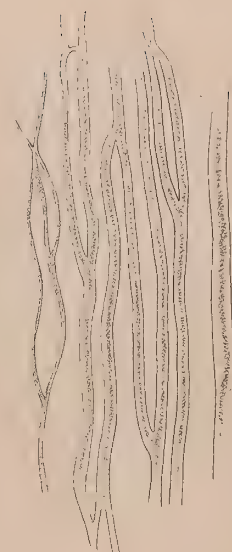


Fig. 4

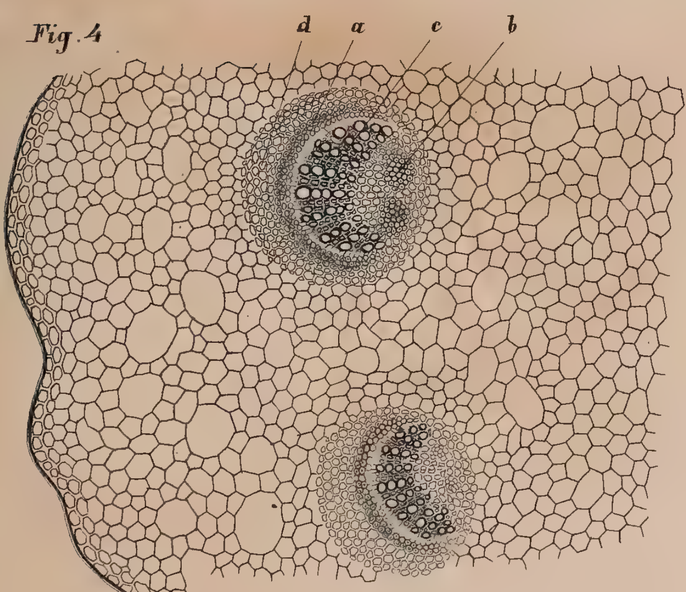


Fig 5

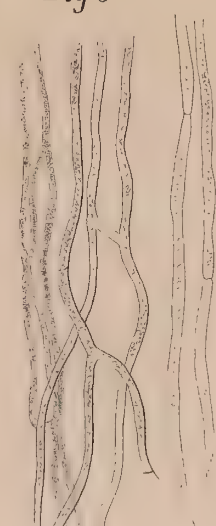
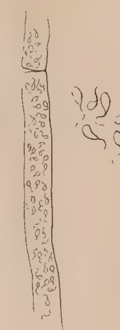
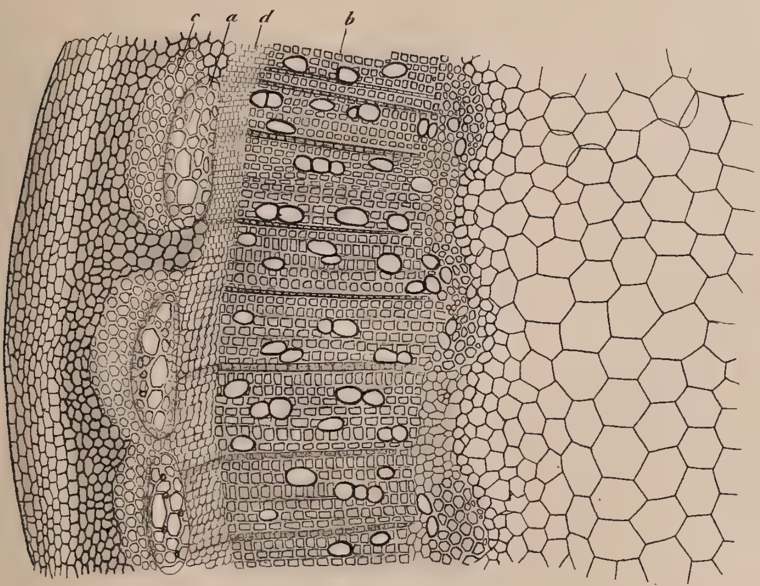


Fig 6

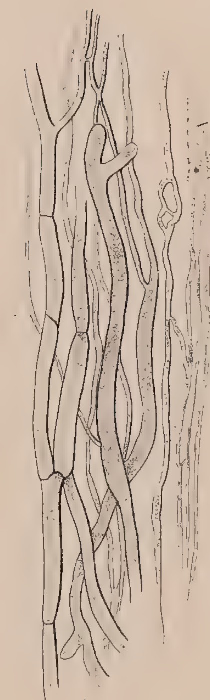


1. 2. 3. Impatiens noli tangere. 4. 5. Plantago major.
6. Animalcula infusoria et latice per macerationem orta.

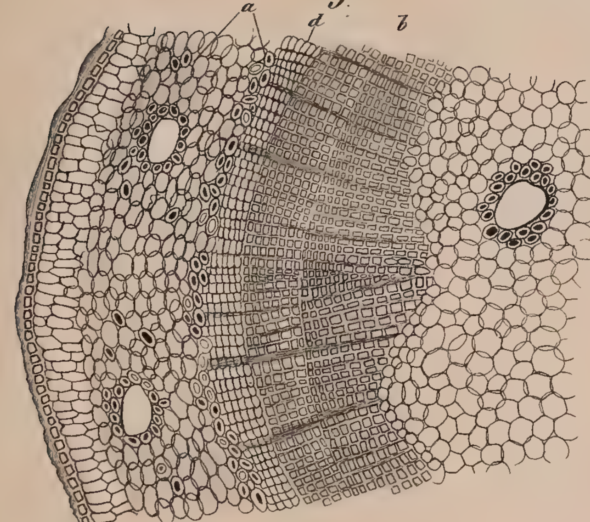
1.



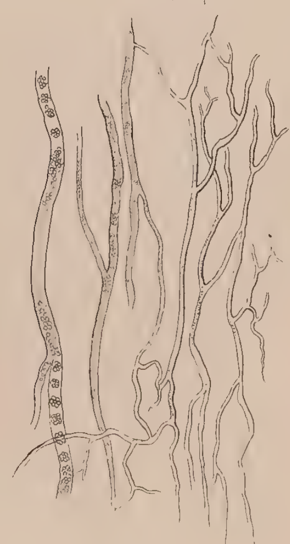
2



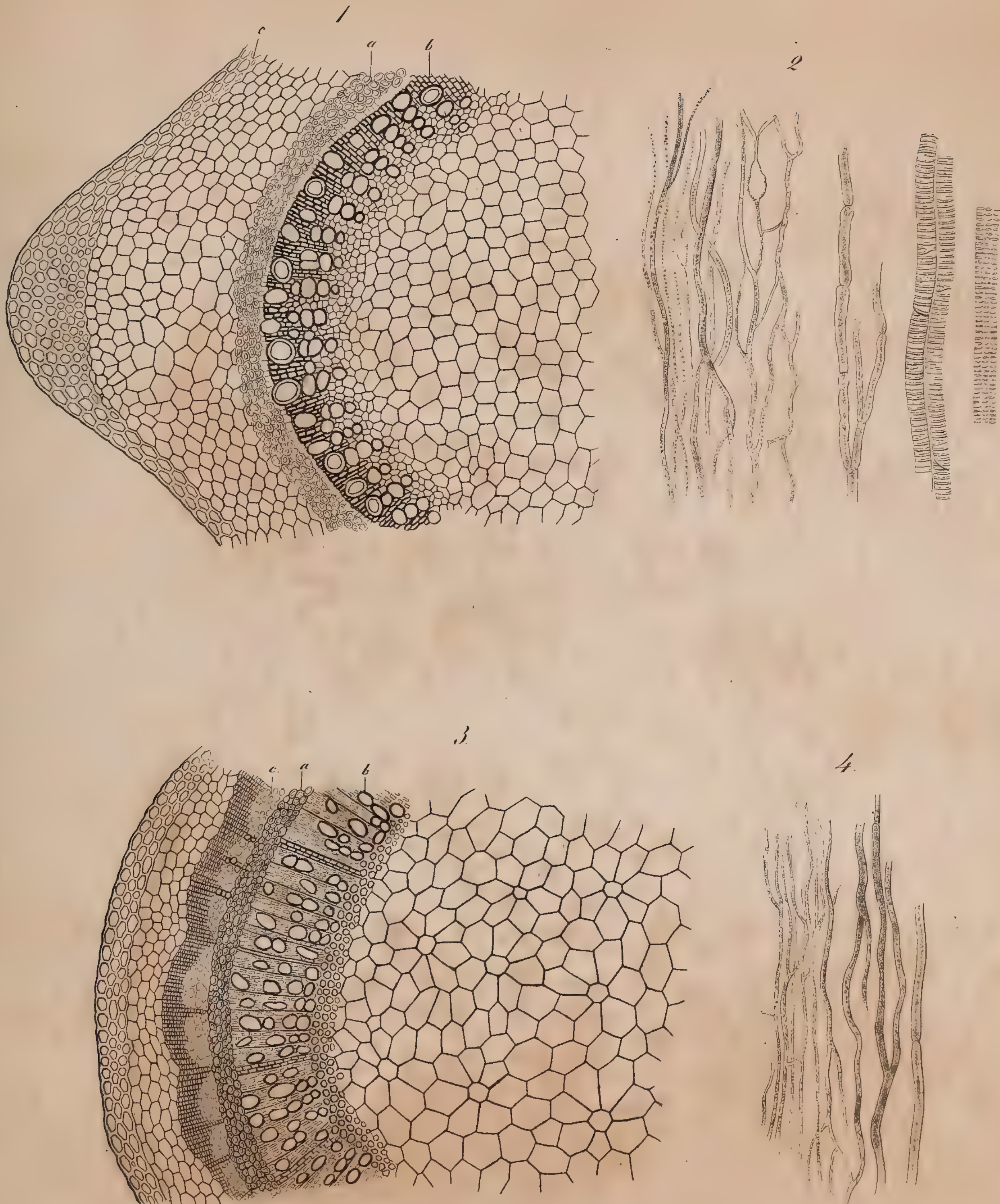
3.



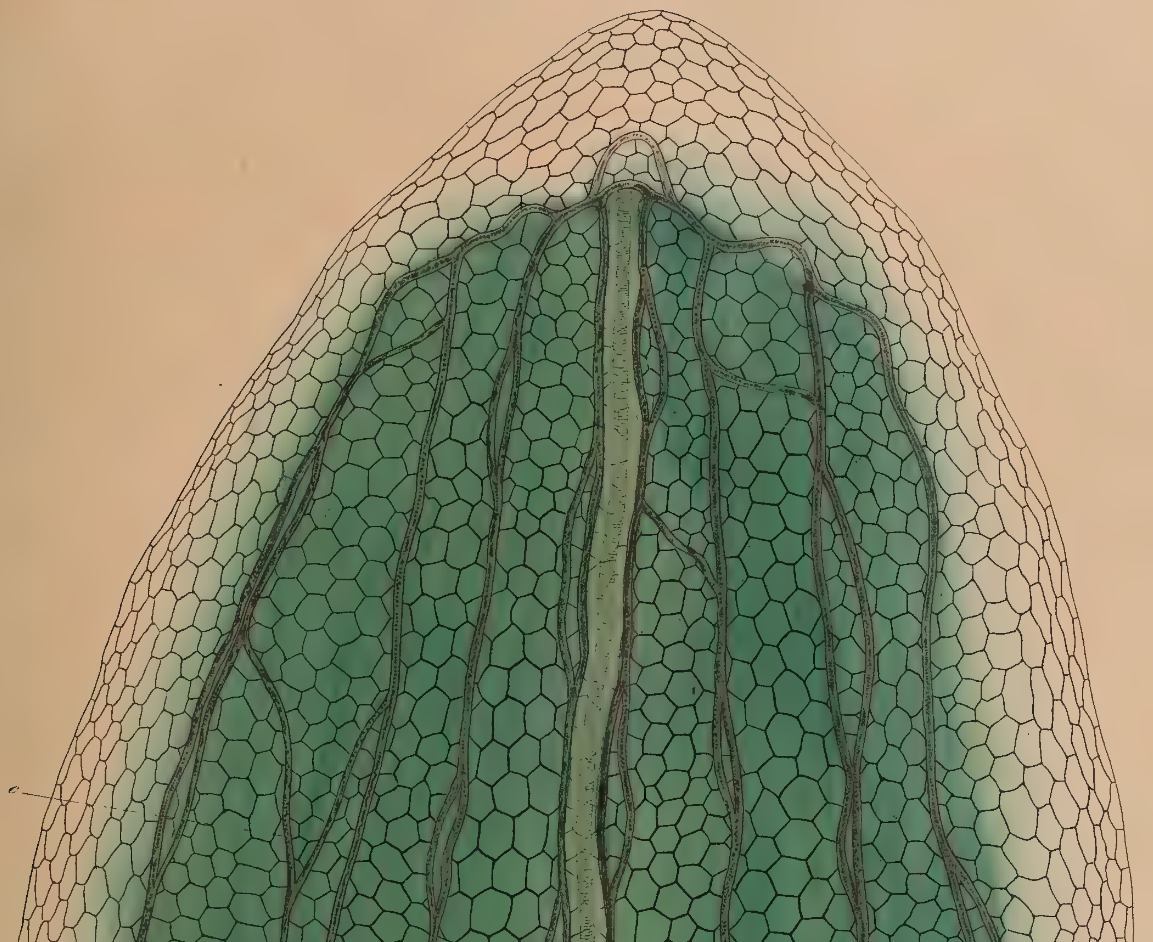
4.



1.2. Acer platanoides. 3.4. Gingko biloba

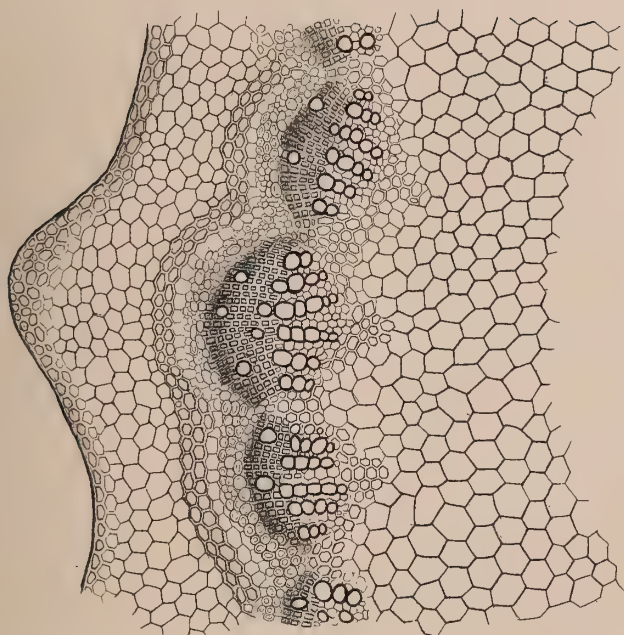


1. 2. *Rubia tinctorum.* 3. 4. *Rubus Idaeus.*

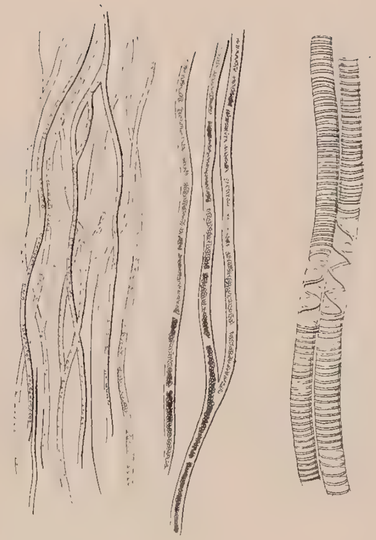


Aloe glauca (bractea).

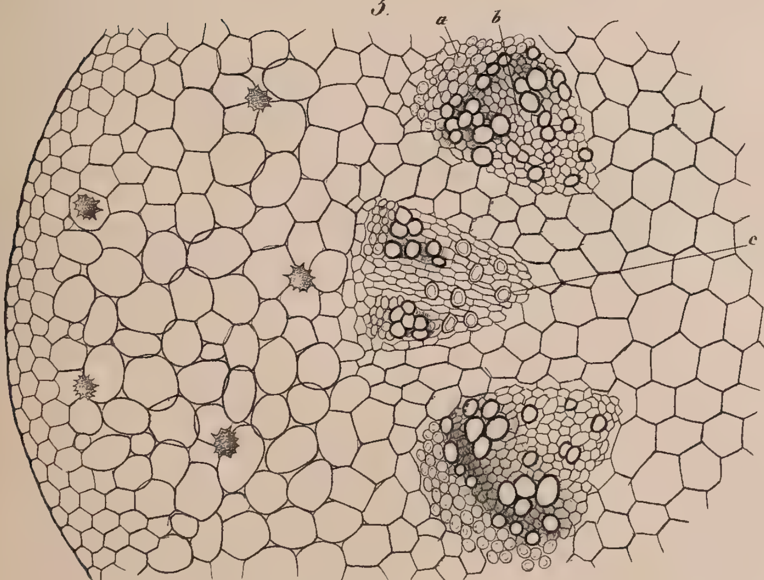
1



2.



3.

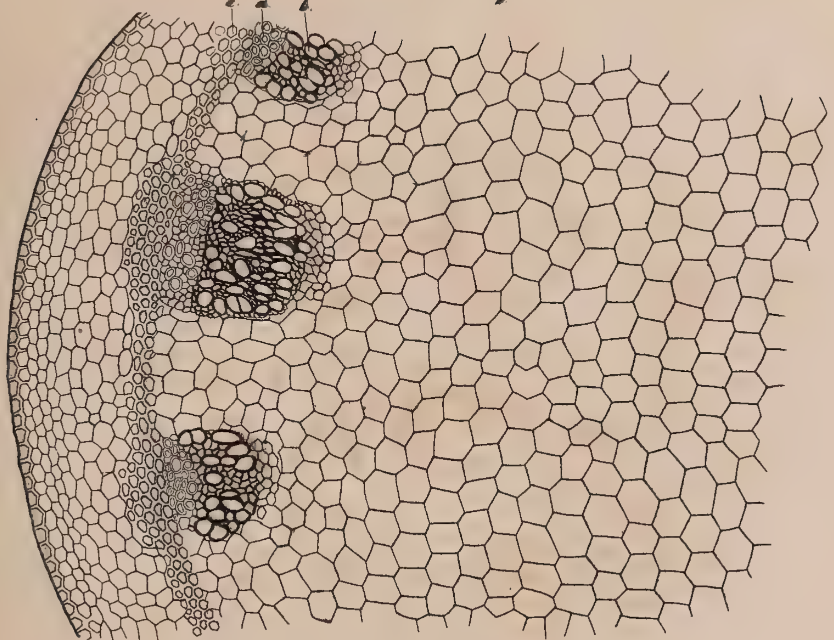


4



1. 2. *Valeriana officinalis.* 3. 4. *Portulaca oleracea.*

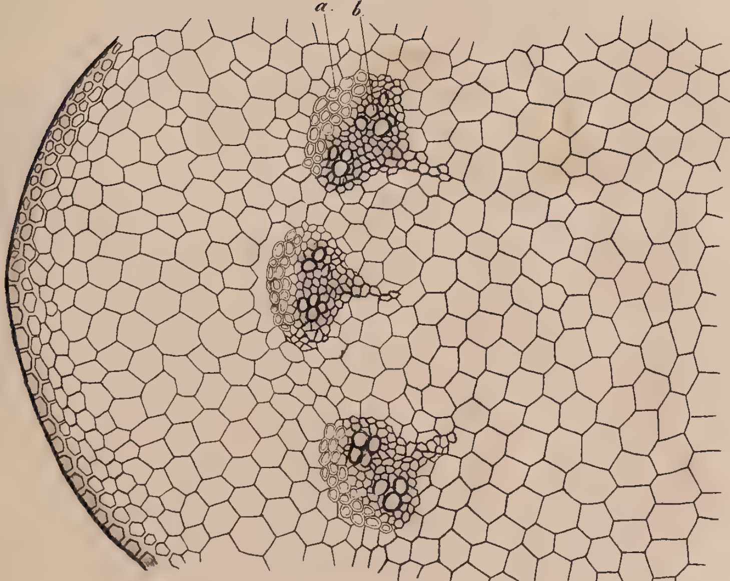
1



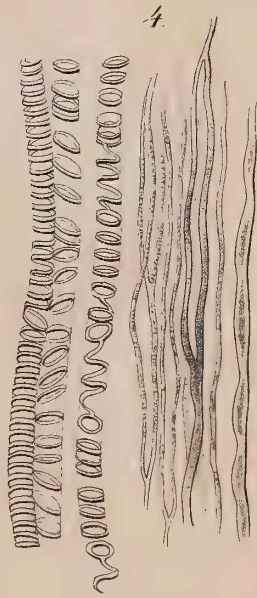
2.



3.



4.



1. 2. *Erodium malacoides* 3. 4. *Oxalis tetraphylla.*

Fig. 1.

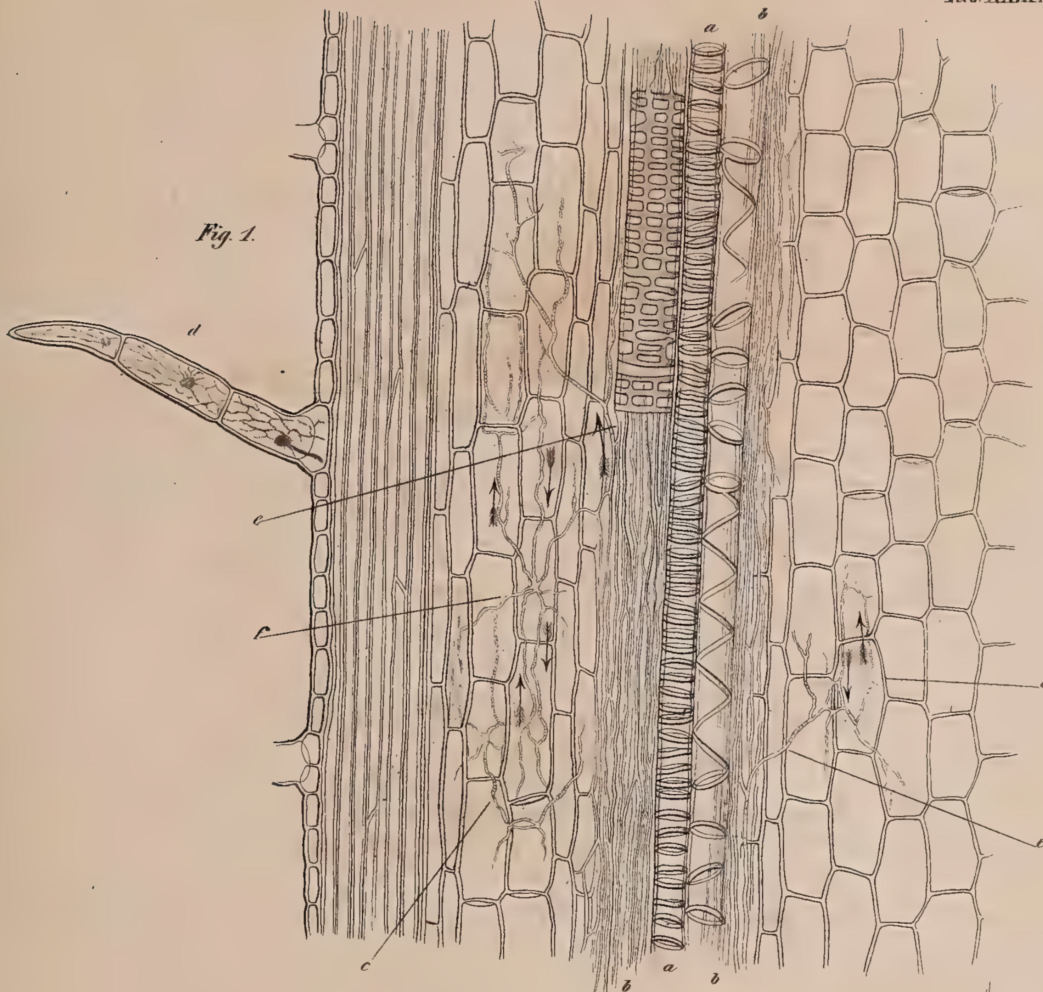
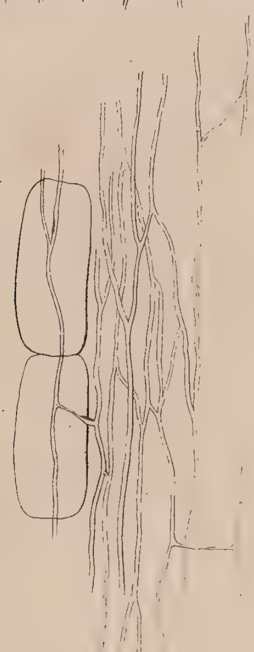


Fig. 2.

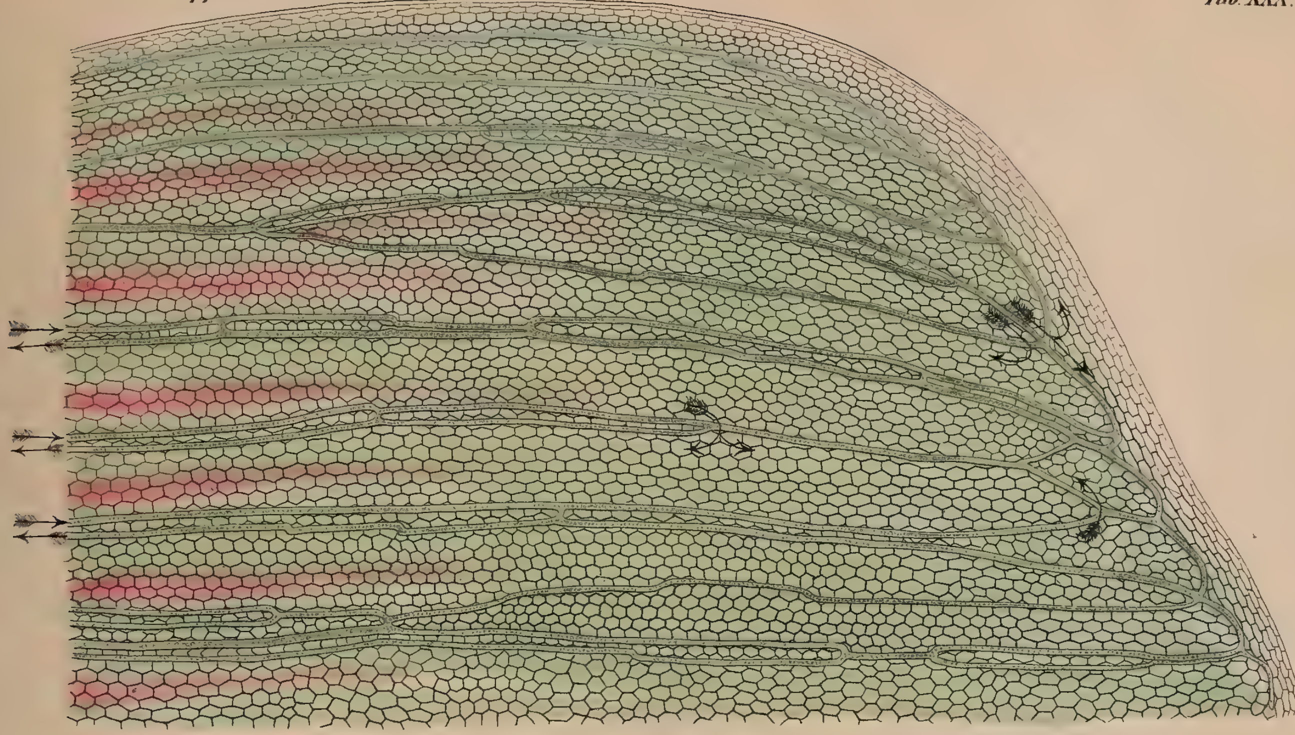


Fig. 3



Commelina coelestis.

1.



2.

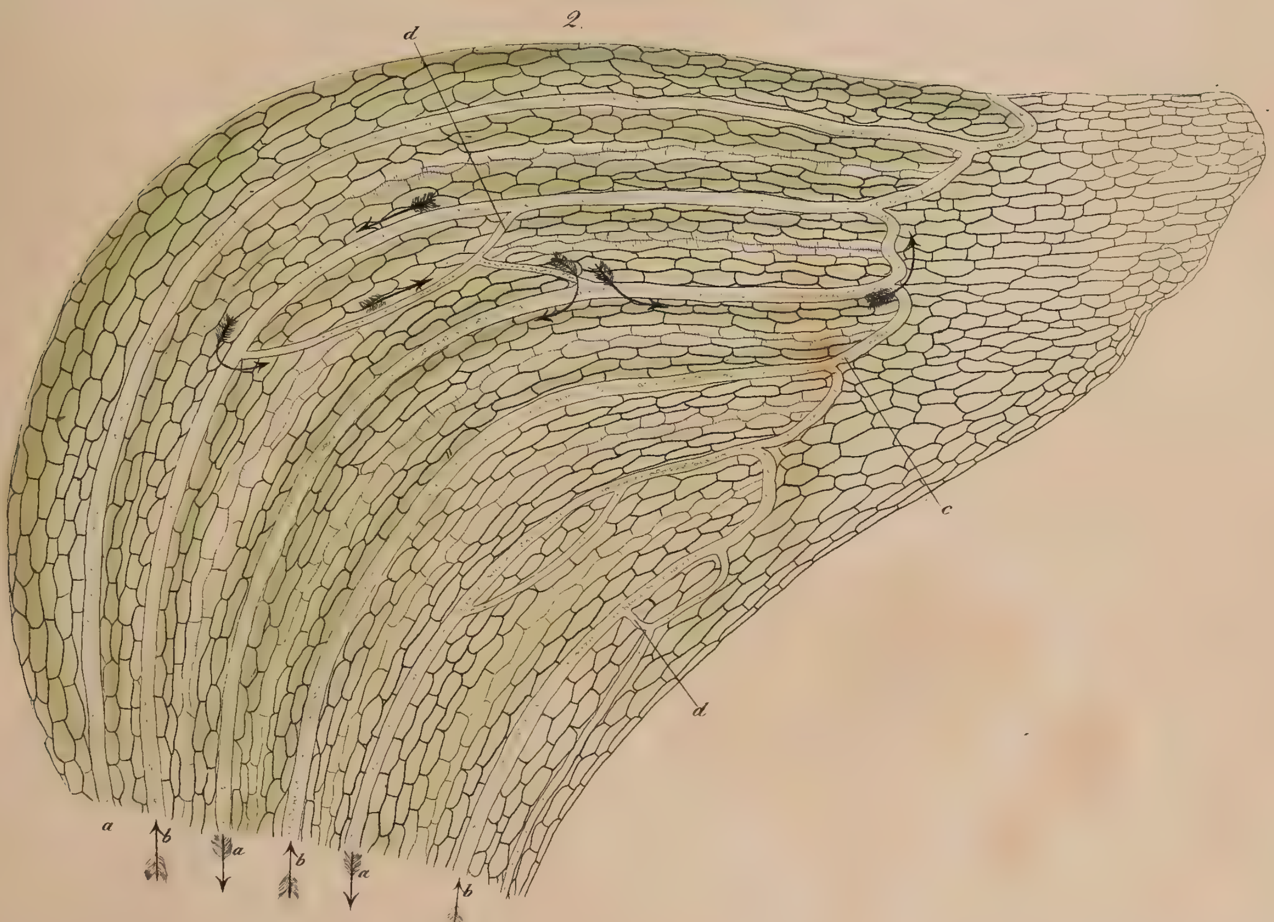
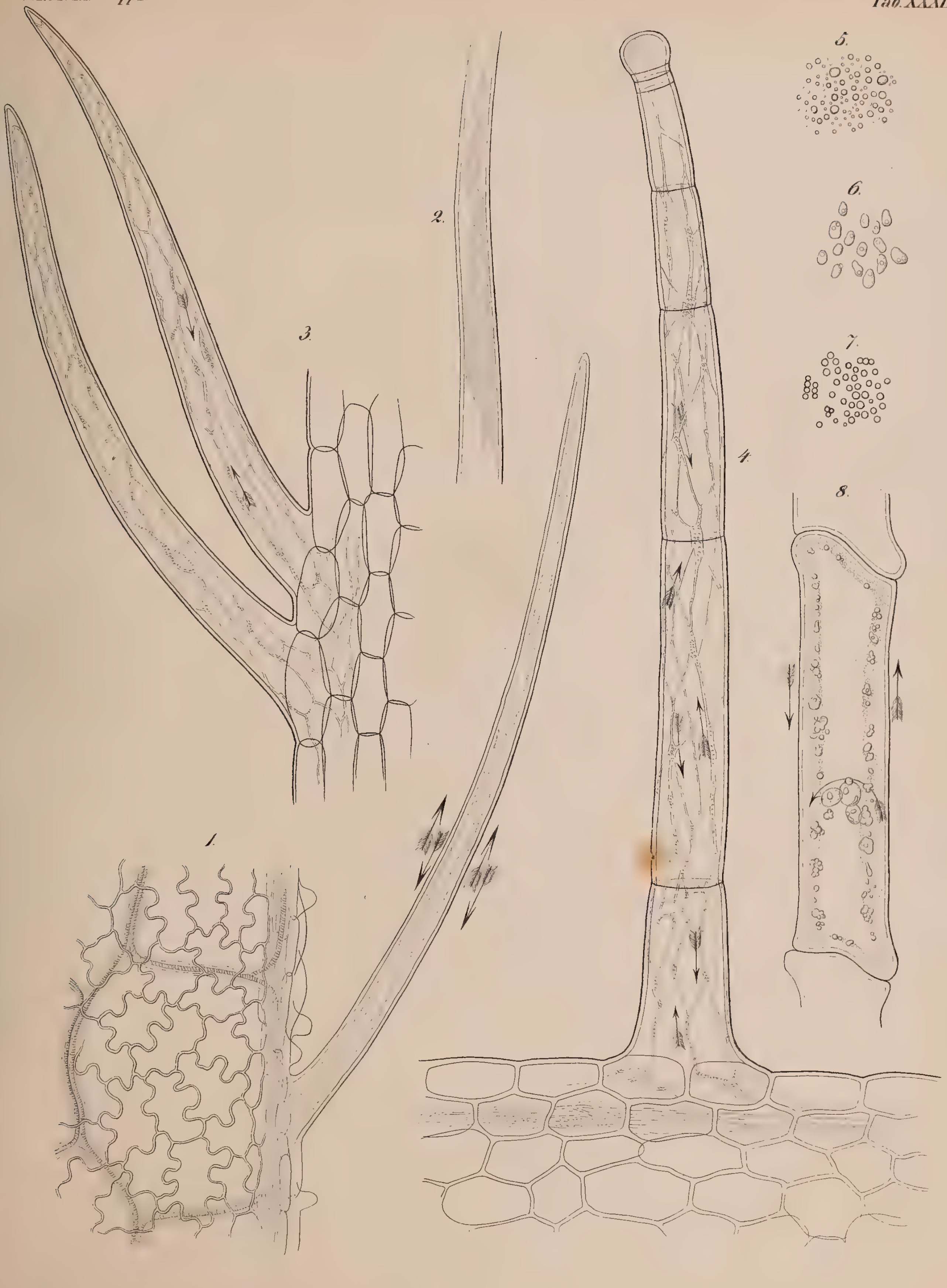


Fig. 1. Acer platanoid. Bractea. Fig. 2. Sagittaria sagittifolia Calyx.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

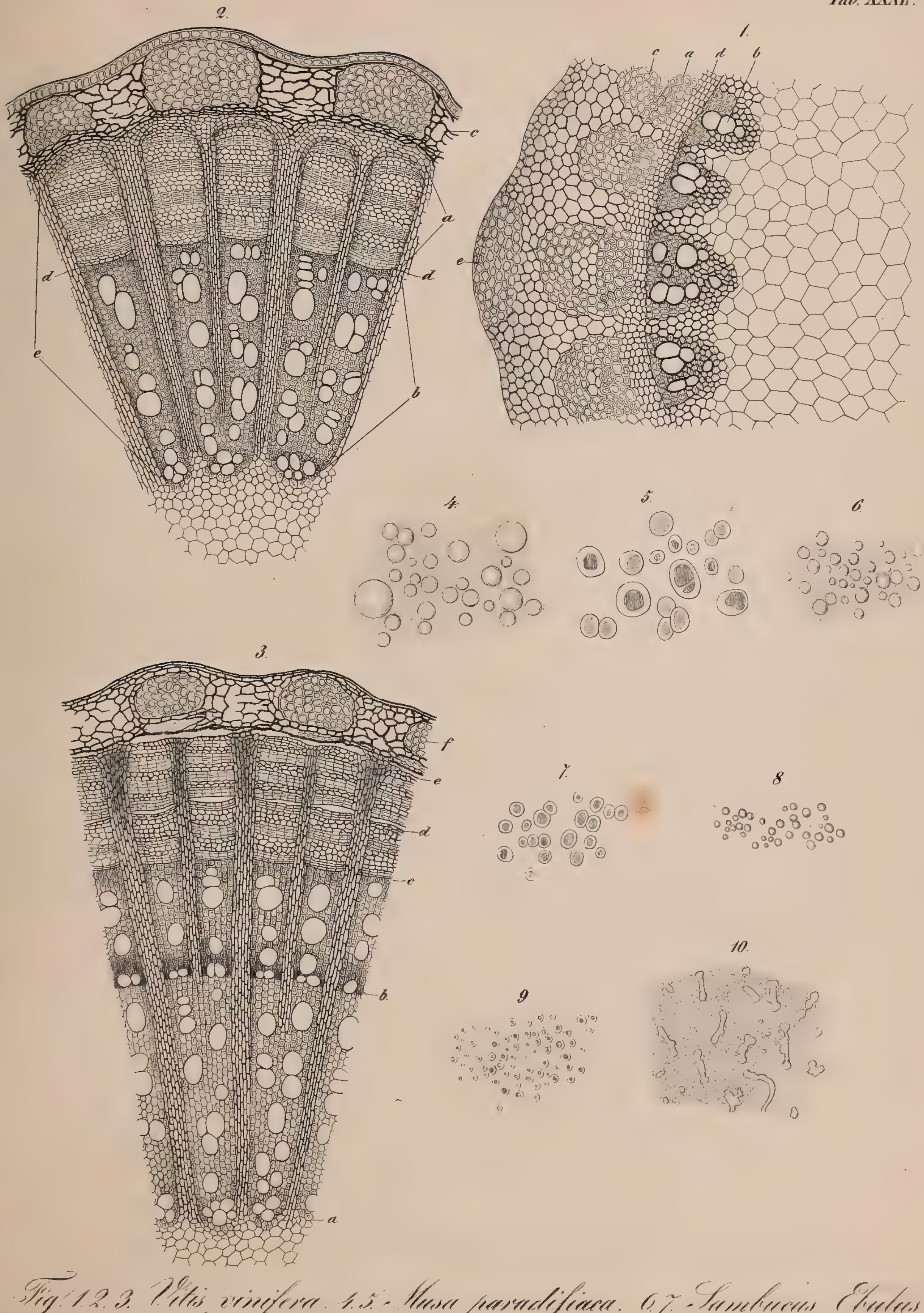
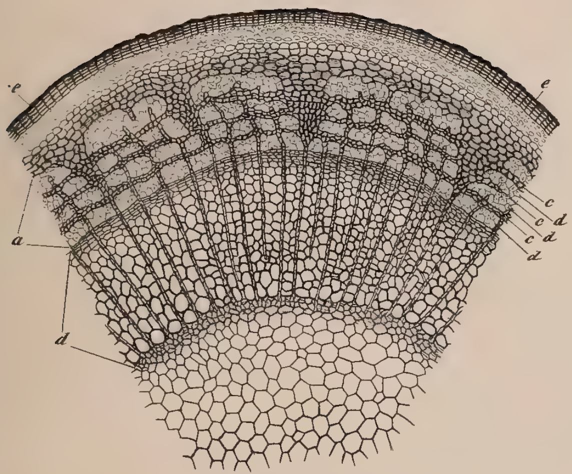
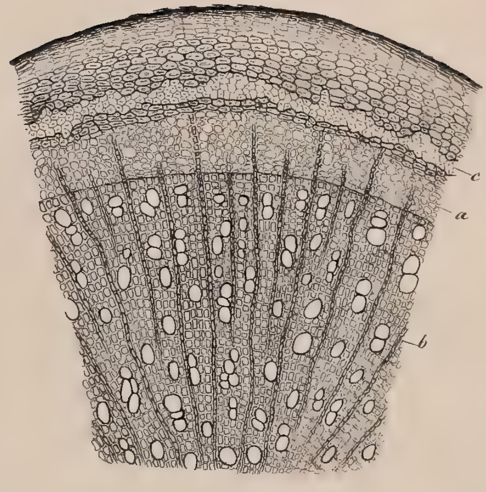


Fig. 1. 2. 3. *Vitis vinifera.* 4. 5. *Musa paradisiaca.* 6. 7. *Sambucus Ebulus.*
8. 9. *Ficus carica, Fructus maturus.* 10. *Euphorbia meloformis.*

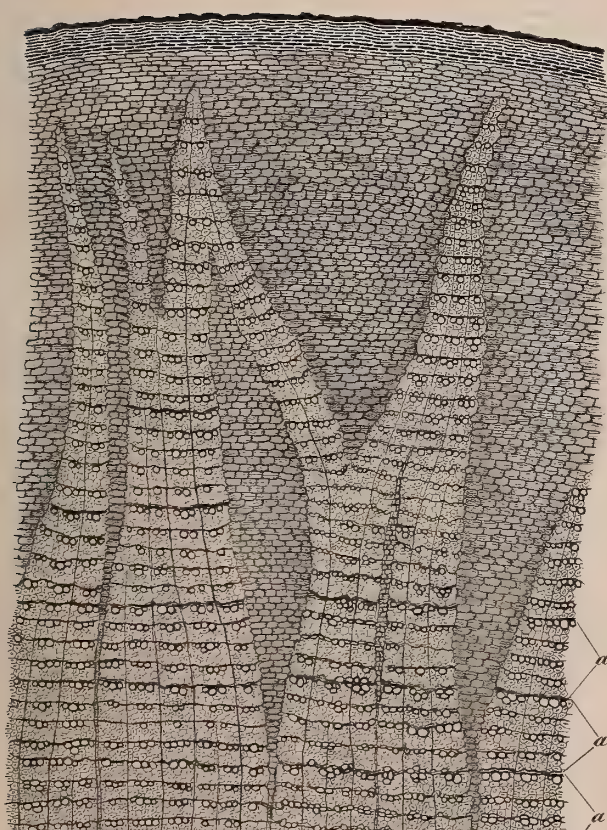
1.



3.



2.



4.

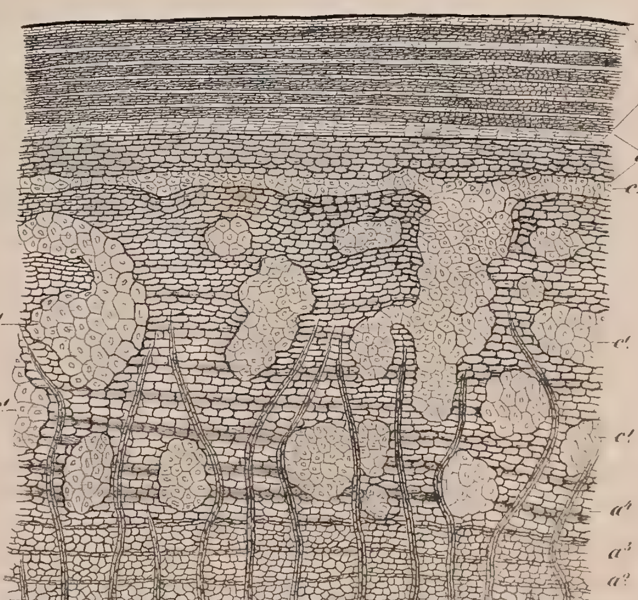


Fig. 1. 2. Tilia europaea. 3. 4. Betula alba.